



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA
INDUSTRIAL

“Evaluación económica de dos procesos de soldadura, para minimizar los
costos en fabricación de tanque de almacenamiento, en una metalmecánica”

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO INDUSTRIAL

AUTOR

OSORIO BUSTAMANTE RICHARD KEVIN

ASESORES

DR. GUTIÉRREZ PESANTES, ELÍAS

MG. VIVAR MIRANDA, ADLAY

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN

GESTIÓN EMPRESARIAL Y PRODUCTIVA

PERÚ - 2018

PÁGINA DEL JURADO



Dr. GUTIERREZ PESANTES ELIAS

PRESIDENTE



Ms. GALARRETA OLIVEROS GRACIA ISABEL

SECRETARIO



Mg. VIVAR MIRANDA ADLAY YURI

VOCAL

DEDICATORIA

A mis padres:

Gina E. Bustamante Encinas

Edgar R. Osorio Valenzuela

A mis abuelos:

Juan Bustamante Arroyo

Luisa Encinas Malarín

A mi hermano:

Víctor S. Osorio Silva

Por ser las personas a quienes más amo, porque han estado conmigo en todo momento, me escucharon, me abrazaron y motivaron a cumplir mis objetivos y metas, con un amor sincero y sin condiciones.

A ti mamá, por darme la vida y ser una madre ejemplar.

A ti papá, por ser ejemplo de arduo trabajo.

A ustedes mis abuelos, por ser piezas claves en mi formación.

A ti hermano, por ser mi motivación en esta etapa de mi vida.

AGRADECIMIENTO

A Dios:

Por darme la fortaleza y la esperanza en momentos difíciles y guiarme en el camino correcto.

A mis padres:

Gina E. Bustamante Encinas

Edgar R. Osorio Valenzuela

Por ser el motor de mi formación durante todos los días de mi vida brindándome amor infinito y espíritu inquebrantable. Porque gracias a su paciencia y sabios consejos, me han ayudado enfrentar las adversidades y lograr todas mis metas.

A mis abuelos:

Juan Bustamante Arroyo

Luisa Encinas Malarín

Por su amor incondicional, por esos sabios consejos, porque ustedes llegaron a iluminar mi vida desde que llegue a este mundo, son y siempre serán mi felicidad.

A mis asesores:

Mg. Adlay Yuri Vivar Miranda

Dr. Gutiérrez Pesantes, Elías

Por sus aportaciones en base a sus estudios y años de experiencia, que me guiaron a la realización de este proyecto y a la paciencia que tuvieron conmigo, sin egoísmos ni reservas, durante el tiempo que tomó el mismo.

DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD

Yo Richard Kevin Osorio Bustamante con DNI N° 70504023, a efecto de cumplir con las disposiciones vigentes consideradas en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad César Vallejo, Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería Industrial, declaro bajo juramento que toda la documentación que acompaño es veraz y auténtica.

Así mismo, declaro también bajo juramento que todos los datos e información que se presenta en la presente tesis son auténticos y veraces.

En tal sentido asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas de la Universidad César Vallejo.

Nuevo Chimbote, Julio del 2018



Richard Kevin Osorio Bustamante

PRESENTACIÓN

Señores miembros del Jurado, en cumplimiento del Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad César Vallejo presento ante ustedes la Tesis titulada “Evaluación económica de dos procesos de soldadura, para minimizar los costos en fabricación de tanque de almacenamiento, en una metalmecánica” con la finalidad de demostrar a través de la gestión de costos un mayor enfoque en la toma de decisiones al cambiar de un proceso de soldadura por otro, la misma que someto a vuestra consideración y espero que cumpla con los requisitos de aprobación para obtener el título Profesional de Ingeniero Industrial.

Richard Kevin Osorio Bustamante

ÍNDICE

DEDICATORIA	iii
AGRADECIMIENTO	iv
DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD	v
PRESENTACIÓN	vi
ÍNDICE.....	vii
RESUMEN	xvii
ABSTRACT	xviii
I. INTRODUCCIÓN.....	19
1.1. Realidad problemática.....	19
1.2. Trabajos previos.....	21
1.3. Teoría relacionada al tema	23
1.3.1. Procesos de soldadura.....	23
1.3.2. Costos de soldadura	27
1.4. Formulación del problema	30
1.5. Justificación	31
1.6. Hipótesis.....	31
1.7. Objetivos	32
1.7.1. Objetivo general.....	32
1.7.2. Objetivos específicos	32
II. MÉTODO	33
2.1. Diseño de investigación	33
2.1.1. Tipo de estudio	33
2.2. Variables y operacionalización.....	33
2.3. Población y muestra	36
2.3.1. Criterios de selección.....	36
2.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	36
2.4.1. Técnica de recolección	36
2.4.2. Instrumento de medición.....	37
2.4.3. Validación y confiabilidad del instrumento	37

2.5. Métodos de análisis de datos.....	38
2.6. Aspectos éticos	39
III. RESULTADOS	40
3.1. Diagnóstico situacional actual	40
3.1.1. Datos generales del diseño y condiciones	40
3.2. Descripción y análisis del estudio de tiempos y pesos.....	41
3.3. Análisis de resultados de la gestión de costos	44
IV. DISCUSIÓN	46
V. CONCLUSIONES	50
VI. RECOMENDACIONES	51
VII. REFERENCIAS.....	52
ANEXOS.....	56
Anexo 1: Instrumento - Ficha de observación.....	56
Anexo 2: Diagrama de análisis de proceso SMAW	57
Anexo 3: Diagrama de análisis de proceso FCAW	60
Anexo 4: Photo panel - Diseño de tanque de almacenamiento.....	63
Anexo 5: Photo panel - Evaluación de procesos de soldadura	65
Anexo 6: Descripciones generales de espesores y parámetros de soldadura	69
Anexo 7: Tiempos observados tras prueba piloto.....	72
Anexo 8: Análisis de varianza y Prueba de Hipótesis - Tiempos observados según posición con SMAW	73
Anexo 9: Análisis de varianza y Prueba de Hipótesis - Tiempos observados según posición con FCAW	76
Anexo 10: Cantidades depositadas observadas tras prueba piloto.....	79
Anexo 11: Análisis de varianza y Prueba de Hipótesis – Cantidades depositadas observadas según posición con SMAW	80
Anexo 12: Análisis de varianza y Prueba de Hipótesis – Cantidades depositadas observadas según posición con FCAW	83
Anexo 13: Contrastación de Hipótesis	86
Anexo 14: Prueba de la hipótesis para el indicador cuantitativo tiempo promedio observado en realizar el proceso de soldadura según posición 2F.....	86

Anexo 15: Prueba de la hipótesis para el indicador cuantitativo tiempo promedio observado en realizar el proceso de soldadura según posición 3F.....	88
Anexo 16: Prueba de la hipótesis para el indicador cuantitativo tiempo promedio observado en realizar el proceso de soldadura según posición 4F.....	90
Anexo 17: Prueba de la hipótesis para el indicador cuantitativo tiempo promedio observado en realizar el proceso de soldadura según posición 1G.....	92
Anexo 18: Prueba de la hipótesis para el indicador cuantitativo tiempo promedio observado en realizar el proceso de soldadura según posición 2G.....	94
Anexo 19: Prueba de la hipótesis para el indicador cuantitativo tiempo promedio observado en realizar el proceso de soldadura según posición 3G.....	96
Anexo 20: Prueba de la hipótesis para el indicador cuantitativo tiempo promedio observado en realizar el proceso de soldadura según posición 5G.....	98
Anexo 21: Prueba de la hipótesis para el indicador cuantitativo cantidad de soldadura depositada promedio observada al realizar el proceso de soldadura según posición 2F.	100
Anexo 22: Prueba de la hipótesis para el indicador cuantitativo cantidad de soldadura depositada promedio observada al realizar el proceso de soldadura según posición 3F.	102
Anexo 23: Prueba de la hipótesis para el indicador cuantitativo cantidad de soldadura depositada promedio observada al realizar el proceso de soldadura según posición 4F.	104
Anexo 24: Prueba de la hipótesis para el indicador cuantitativo cantidad de soldadura depositada promedio observada al realizar el proceso de soldadura según posición 1G	106
Anexo 25: Prueba de la hipótesis para el indicador cuantitativo cantidad de soldadura depositada promedio observada al realizar el proceso de soldadura según posición 2G	108
Anexo 26: Prueba de la hipótesis para el indicador cuantitativo cantidad de soldadura depositada promedio observada al realizar el proceso de soldadura según posición 3G	110
Anexo 27: Prueba de la hipótesis para el indicador cuantitativo cantidad de soldadura depositada promedio observada al realizar el proceso de soldadura según posición 5G	112
Anexo 28: Tiempos Suplementarios	114
Anexo 29: Tablas diversas	125
Anexo 30: Prueba de la hipótesis para el indicador cuantitativo costo de juntas de soldadura por producción.....	153
Anexo 31: Figuras diversas	158
Anexo 32: Fórmulas para cálculo de indicadores de costos	181
Anexo 33: Distribución acumulada de T de Student	183

Anexo 34: Distribución acumulada de F de Fischer.....	186
---	-----

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Operacionalización de variables.....	34
Tabla 2: Técnicas e instrumentos de recolección de datos	36
Tabla 3: Métodos de análisis de datos.....	38
Tabla 4: Espesores placas metálicas de anillos de tanque de almacenamiento	69
Tabla 5: Parámetros del procedimiento de soldadura con proceso SMAW	70
Tabla 6: Parámetros del procedimiento de soldadura con proceso FCAW	71
Tabla 7: Tiempos observados tras prueba piloto.....	72
Tabla 8: Cálculo de las diferencias de tiempos observados tras prueba piloto - SMAW	74
Tabla 9: Definiciones y datos estadísticos de tiempos observados tras prueba piloto - SMAW	74
Tabla 10: Tabla ANOVA de comparación simultánea - Tiempos observados con SMAW	75
Tabla 11: Cálculo de las diferencias de tiempos observados tras prueba piloto - FCAW	77
Tabla 12: Definiciones y datos estadísticos de tiempos observados tras prueba piloto - FCAW	77
Tabla 13: Tabla ANOVA de comparación simultánea - Tiempos observados con FCAW .	78
Tabla 14: Cantidades depositadas observadas tras prueba piloto	79
Tabla 15: Cálculo de las diferencias de cantidades depositadas observadas tras prueba piloto - SMAW.....	81
Tabla 16: Definiciones y datos estadísticos de cantidades depositadas observadas tras prueba piloto - SMAW.....	81
Tabla 17: Tabla ANOVA de comparación simultánea - Cantidades depositadas con SMAW	82
Tabla 18: Cálculo de las diferencias de cantidades depositadas observadas tras prueba piloto - FCAW	84
Tabla 19: Definiciones y datos estadísticos de cantidades depositadas observadas tras prueba piloto - FCAW	84
Tabla 20: Tabla ANOVA de comparación simultánea - Cantidades depositadas con FCAW	85
Tabla 21: Tiempo promedio observado en realizar el proceso de soldadura - Posición 2F .	87

Tabla 22: Datos estadísticos de tiempo promedio observado en realizar el proceso de soldadura - Posición 2F.....	87
Tabla 23: Tiempo promedio observado en realizar el proceso de soldadura - Posición 3F ..	89
Tabla 24: Datos estadísticos de tiempo promedio observado en realizar el proceso de soldadura - Posición 3F.....	89
Tabla 25: Tiempo promedio observado en realizar el proceso de soldadura - Posición 4F .	91
Tabla 26: Datos estadísticos de tiempo promedio observado en realizar el proceso de soldadura - Posición 4F.....	91
Tabla 27: Tiempo promedio observado en realizar el proceso de soldadura - Posición 1G.	93
Tabla 28: Datos estadísticos de tiempo promedio observado en realizar el proceso de soldadura - Posición 1G	93
Tabla 29: Tiempo promedio observado en realizar el proceso de soldadura - Posición 2G.	95
Tabla 30: Datos estadísticos de tiempo promedio observado en realizar el proceso de soldadura - Posición 2G	95
Tabla 31: Tiempo promedio observado en realizar el proceso de soldadura - Posición 3G.	97
Tabla 32: Datos estadísticos de tiempo promedio observado en realizar el proceso de soldadura - Posición 3G	97
Tabla 33: Tiempo promedio observado en realizar el proceso de soldadura - Posición 5G.	99
Tabla 34: Datos estadísticos de tiempo promedio observado en realizar el proceso de soldadura - Posición 5G	99
Tabla 35: Cantidad de soldadura depositada promedio observada - Posición 2F.....	101
Tabla 36: Datos estadísticos de cantidad de soldadura depositada promedio observada - Posición 2F	101
Tabla 37: Cantidad de soldadura depositada promedio observada - Posición 3F.....	103
Tabla 38: Datos estadísticos de cantidad de soldadura depositada promedio observada - Posición 3F	103
Tabla 39: Cantidad de soldadura depositada promedio observada - Posición 4F.....	105
Tabla 40: Datos estadísticos de cantidad de soldadura depositada promedio observada - Posición 4F	105
Tabla 41: Cantidad de soldadura depositada promedio observada - Posición 1G.....	107
Tabla 42: Datos estadísticos de cantidad de soldadura depositada promedio observada - Posición 1G.....	107
Tabla 43: Cantidad de soldadura depositada promedio observada - Posición 2G.....	109

Tabla 44: Datos estadísticos de cantidad de soldadura depositada promedio observada - Posición 2G.....	109
Tabla 45: Cantidad de soldadura depositada promedio observada - Posición 3G.....	111
Tabla 46: Datos estadísticos de cantidad de soldadura depositada promedio observada - Posición 3G.....	111
Tabla 47: Cantidad de soldadura depositada promedio observada - Posición 5G.....	113
Tabla 48: Datos estadísticos de cantidad de soldadura depositada promedio observada - Posición 5G.....	113
Tabla 49: Factor A1. Fuerza ejercida	114
Tabla 50: Factor A1. Esfuerzo bajo: Puntos para la fuerza ejercida	114
Tabla 51: Factor A1. Esfuerzo medio: Puntos para la fuerza ejercida	115
Tabla 52: Factor A1. Esfuerzo alto: Puntos para la fuerza ejercida	115
Tabla 53: Factor A2. Postura	116
Tabla 54: Factor A3. Vibraciones	116
Tabla 55: Factor A4. Ciclo breve.....	117
Tabla 56: Factor A5. Ropa molesta.....	117
Tabla 57: Factor B1. Concentración/Ansiedad	118
Tabla 58: Factor B2. Monotonía	118
Tabla 59: Factor B3. Visual	119
Tabla 60: Factor B4. Ruido.....	119
Tabla 61: Factor C1. Temperatura y Humedad.....	120
Tabla 62: Factor C2. Ventilación	120
Tabla 63: Factor C3. Emanaciones de gases	120
Tabla 64: Factor C4. Polvo	121
Tabla 65: Factor C5. Suciedad.....	121
Tabla 66: Factor C6. Presencia de agua	122
Tabla 67: Tabla de conversión - Porcentaje de suplemento por descanso según el total de puntos atribuidos.....	123
Tabla 68: Cálculo de suplementos por descanso.....	124
Tabla 69: Representación de varillas de soldadura en Kg - SMAW	125
Tabla 70: Tiempos y pesos – SMAW & FCAW 2F	125
Tabla 71: Tiempos y pesos – SMAW & FCAW 3F	126
Tabla 72: Tiempos y pesos – SMAW & FCAW 4F	127

Tabla 73: Tiempos y pesos – SMAW & FCAW 1G.....	128
Tabla 74: Tiempos y pesos – SMAW & FCAW 2G.....	129
Tabla 75: Tiempos y pesos – SMAW & FCAW 3G.....	130
Tabla 76: Tiempos y pesos – SMAW & FCAW 5G.....	132
Tabla 77: Resumen de tiempos empleados y cantidades consumidas.....	133
Tabla 78: Tiempo empleado por metro lineal según cada posición	134
Tabla 79: Tiempo de arco empleado por metro lineal según cada posición.....	134
Tabla 80: Cantidad de material consumido por metro lineal según cada posición.....	135
Tabla 81: Cantidad en gramos de material consumido por metro lineal según cada posición con SMAW	135
Tabla 82: Cantidad de material depositado y desperdiciado por metro lineal según cada posición con SMAW	136
Tabla 83: Cantidad de material depositado y desperdiciado por metro lineal según cada posición con FCAW.....	136
Tabla 84: Cantidad de juntas de soldadura expresados en metros lineales / tiempos normales / porcentajes	137
Tabla 85: Porcentaje de metros lineales de juntas de soldadura según tipo de posición	139
Tabla 86: Cantidad de tiempo normal / tiempos suplementarios / tiempo estándar	140
Tabla 87: Resumen de tiempos totales.....	140
Tabla 88: Cantidad de juntas de soldadura expresados en metros lineales / tiempos estándar / porcentajes	141
Tabla 89: Tiempo empleado, cantidad de material consumido y desperdiciado en proyecto de fabricación de tanque, según cada posición.....	143
Tabla 90: Cantidad de material consumido y depositado en proyecto de fabricación de tanque, según cada posición, expresado en kilogramos	144
Tabla 91: Cantidad y tipo de material consumido con SMAW en proyecto de fabricación de tanque, según cada posición, expresado en kilogramos	144
Tabla 92: Parámetros totales para cálculo de indicadores.....	145
Tabla 93: Parámetros de SMAW para cálculo de indicadores	145
Tabla 94: Parámetros de FCAW para cálculo de indicadores.....	146
Tabla 95: Nivel de impacto de parámetros totales obtenidos	146
Tabla 96: Nivel de impacto de indicadores totales de procesos de soldadura.....	147
Tabla 97: Operaciones realizadas durante montaje de tanque de almacenamiento	148

Tabla 98: Costos detalles personal / equipos /gastos generales - SMAW	149
Tabla 99: Costos detalles personal / equipos /gastos generales - FCAW	150
Tabla 100: Indicadores de costos por metro lineal – SMAW & FCAW	152
Tabla 101: Costos por junta de soldadura de una producción con proceso SMAW	153
Tabla 102: Costos por junta de soldadura de una producción con proceso FCAW	153
Tabla 103: Pre y Post test de costos de juntas de soldadura.....	154
Tabla 104: Resultados estadísticos de costos de soldadura de fabricación de tanque de almacenamiento	155
Tabla 105: Presentación de resultados de costo de soldadura	155
Tabla 106: Costos relacionados a proceso de soldadura SMAW	156
Tabla 107: Costos relacionados a proceso de soldadura FCAW	156
Tabla 108: Pre y Post test de costos relacionados de soldadura	157
Tabla 109: Presentación de resultados de costos relacionados de soldadura	157

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Esquema del proceso de soldadura por arco metálico protegido [1]	158
Figura 2: Equipo de proceso SMAW [2]	158
Figura 3: Equipo básico utilizado en las operaciones FCAW [3]	159
Figura 4: Esquema del proceso de soldadura FCAW [3]	159
Figura 5: Normalización en soldadura aplicable en construcciones soldadas [4]	160
Figura 6: Determinación de costos en operaciones de soldaduras [5].....	161
Figura 7: Metal depositado según tipo de unión.....	161
Figura 8: Eficiencia de deposición según proceso [5]	161
Figura 9: Velocidad de deposición en SMAW [5]	162
Figura 10: Velocidad de deposición en FCAW-G [5]	162
Figura 11: Factor de operación según proceso [5]	162
Figura 12: Flujo gas según proceso [5]	162
Figura 13: Requerimientos de consumibles [5]	163
Figura 14: % Factor de operación según el proceso [5]	163
Figura 15: Velocidad de deposición/intensidad de corriente/costos de mano de obra	163
Figura 16: Esquema de probetas de soldeo	164
Figura 17: Tiempo empleado / Posición	164

Figura 18: Tiempo de arco empleado / Posición	165
Figura 19: Material / Posición.....	165
Figura 20: Porcentaje de soldadura consumida con SMAW / Posición	166
Figura 21: Material consumido con SMAW / Posición	166
Figura 22: Material consumido con FCAW / Posición	167
Figura 23: Porcentaje de juntas de soldadura / Posición	167
Figura 24: Tiempos empleados por un soldador - SMAW	168
Figura 25: Tiempos empleados por un soldador - FCAW	168
Figura 26: Tiempo de soldadura empleado en fabricación de tanque de almacenamiento.	169
Figura 27: Cantidad de soldadura empleada en fabricación de tanque de almacenamiento	169
Figura 28: Costos relacionados a proceso de soldadura.....	170
Figura 29: Zona de aceptación y rechazo de Anexo 8.....	170
Figura 30: Zona de aceptación y rechazo de Anexo 9.....	171
Figura 31: Zona de aceptación y rechazo de Anexo 11.....	171
Figura 32: Zona de aceptación y rechazo de Anexo 12.....	172
Figura 33: Zona de aceptación y rechazo de Anexo 14.....	172
Figura 34: Zona de aceptación y rechazo de Anexo 15.....	172
Figura 35: Zona de aceptación y rechazo de Anexo 16.....	173
Figura 36: Zona de aceptación y rechazo de Anexo 17.....	173
Figura 37: Zona de aceptación y rechazo de Anexo 18.....	173
Figura 38: Zona de aceptación y rechazo de Anexo 19.....	174
Figura 39: Zona de aceptación y rechazo de Anexo 20.....	174
Figura 40: Zona de aceptación y rechazo de Anexo 21.....	174
Figura 41: Zona de aceptación y rechazo de Anexo 22.....	175
Figura 42: Zona de aceptación y rechazo de Anexo 23.....	175
Figura 43: Zona de aceptación y rechazo de Anexo 24.....	175
Figura 44: Zona de aceptación y rechazo de Anexo 25.....	176
Figura 45: Zona de aceptación y rechazo de Anexo 26.....	176
Figura 46: Zona de aceptación y rechazo de Anexo 27.....	176
Figura 47: Diagrama de cajas de tiempos observados tras prueba piloto.....	177
Figura 48: Diagrama de cajas de cantidades depositadas observadas tras prueba piloto ...	178
Figura 49: Diagrama de cajas de diferencias de cantidades consumidas y medias de cantidades depositadas observadas	179

Figura 50: Zona de aceptación y rechazo de Anexo 29 con nivel de significancia 5% 180

Figura 51: Zona de aceptación y rechazo de Anexo 29 con nivel de significancia 25% 180

RESUMEN

La presente investigación desarrolló la evaluación económica de dos procesos de soldadura, para minimizar los costos en fabricación de tanque de almacenamiento, enmarcada en realizar la dirección de proyectos bajo las herramientas que propone el Manual de Sistemas y Materiales de Soldadura; tuvo como metodología la gestión de alcance, tiempo, costo y calidad. Se analizó los resultados del estudio de productividad de soldadura, mediante índices de costo y tiempo. El tipo de investigación según su finalidad es aplicado porque se sustenta del conocimiento generado por la investigación básica, su finalidad específica es aplicar las teorías existentes para controlar situaciones o procesos, tanto para identificar problemas sobre los que se debe intervenir como para definir las estrategias de solución. Según su diseño es cuasiexperimental debido a que la investigación se trata de dos grupos intactos, inicialmente son equivalentes, cuando concluye la manipulación, a ambos grupos se les administra una medición sobre la variable dependiente en estudio; además de ser transversal, porque recolecta datos en un solo momento, en un tiempo único. La población está conformada por los indicadores de costos de las juntas de soldadura obtenidos tras una pre prueba; por tanto, se ha de añadir que la investigación del presente estudio fue cuasi experimental. Para el análisis se tomó como muestra los costos incurridos en cada uno de los dos procesos de soldadura evaluados, para la aplicación se tomó un proyecto de la empresa de alto impacto a ejecutar. En cuanto a la recolección de datos, se utilizó una ficha de observación para registro de los mismos, cronómetro, balanza. Se utilizó la prueba T Student de hipótesis paramétrica de medias, donde finalmente tras el análisis de resultados, se concluyó que los costos relacionados a soldadura son mayores con el proceso SMAW que con FCAW; puesto que los costos relacionados con FCAW representan el 74% del valor que con SMAW. Lo que supuso, ayudaría significativamente a reducir los costos de soldadura y los relacionados a esta.

Palabras claves: Costos, soldadura, economía de soldadura, estudio de trabajo, procesos SMAW y FCAW

ABSTRACT

The present investigation developed the economic evaluation of two welding processes, to minimize the costs in the manufacture of the storage tank, framed in carrying out the project management under the tools proposed by the Manual of Welding Systems and Materials; Its methodology was the scope, time, cost and quality management. The results of the welding productivity study were analyzed by means of cost and time indices. The type of research according to its purpose is applied because it is based on the knowledge generated by basic research, its specific purpose is to apply the existing theories to control situations or processes, both to identify problems on which to intervene and to define strategies for solution. According to its design it is quasi-experimental because the research is about two intact groups, initially they are equivalent, when the manipulation ends, both groups are administered a measurement on the dependent variable under study; besides being transversal, because it collects data in a single moment, in a single time. The population is made up of the cost indicators of the weld joints obtained after a pre-test; therefore, it should be added that the investigation of the present study was pre-experimental. For the analysis, the costs incurred in each of the two welding processes evaluated were taken as a sample, for the application a project was taken from the high impact company to be executed. As for the data collection, an observation sheet was used to record them, chronometer, balance. The Student T test of parametric hypothesis of means was used, where finally after the analysis of results, it was concluded that the costs related to welding are greater with the SMAW process than with FCAW; since the costs related to FCAW represent 74% of the value that with SMAW. What it supposed, would help significantly reduce welding costs and those related to it.

Keywords: Costs, welding, welding economy, work study, SMAW and FCAW processes.

I. INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad problemática

En los últimos tiempos las empresas se han visto enfrentadas a un entorno cada vez más competitivo, creativo, con más desafíos y una sociedad más preocupada por la actividad económica, no siendo las empresas metalmecánicas y sus principales procesos de manufactura ajenos a esto.

En el ámbito internacional, con el fin de incrementar los índices de rendimiento y competitividad de las unidades económicas a través del impulso a la capacitación, la certificación y el mejoramiento de las condiciones laborales en Ciudad Sahagún, se inició el proceso para el desarrollo de Estándares de Competencia Laboral de la Industria Metalmecánica. El objetivo es que coadyuven a mejorar las habilidades de las y los trabajadores, con el fin de certificar a tres mil trabajadores de la industria en soldadura Flux Cored Arc Welding (FCAW) y Gas Metal Arc Welding (GMAW). (Hidalgo, 2015)

En un artículo electrónico (SWITCHING FROM SMAW TO SELF-SHIELDED FCAW?, 2013), se enfatiza que por muchos años, los contratistas han dependido en alto grado de la Shield Metal Arc Welding (SMAW) para completar la mayor parte de la fabricación en sitio para trabajos de infraestructura mayores, principalmente porque le es familiar a muchos soldadores, porque tiene ventajas de movilidad con respecto a otros procesos y porque con frecuencia es especificada por el procedimiento de soldadura para muchas aplicaciones de construcción.

Sin embargo, en años recientes la FCAW con auto-protección ha mejorado la forma en que hacen negocios algunos contratistas de la soldadura. El proceso es más rápido, aumentando la productividad y brindando mayores ahorros en costos.

El artículo menciona también “Si usted está considerando hacer el cambio a FCAW con auto-protección por estas ventajas, recuerde considerar además las medidas proactivas que tendrá que tomar para hacer esa transición con éxito. Es importante tener una comprensión sólida de las características y requerimientos de operación del nuevo metal de aportación que se esté usando, para soldar exitosamente con él”.

(Comunidad Metalmecánica del Perú) Según cifras del BCR, toda la producción metalmecánica viene en ascenso desde el 2010, aunque a menor ritmo del registrado

antes de la crisis internacional. La industria metal mecánica ofrece bienes y servicios a la minería, pesca, agricultura, sectores eléctrico y energético, transporte, construcción, electrodomésticos, mobiliario particular e industrial, es decir, contribuye al desarrollo del país en forma integral.

En cuanto al ámbito nacional, (FIMA Perú), empresa metalmecánica, menciona en su página web que cuenta con el equipamiento necesario para el doblado, rolado y transformación de planchas, así como una amplia experiencia en procesos de soldadura como SMAW, GMAW, FCAW, GTAW, GTAW-Orbital y SAW, lo que le permite realizar de manera eficiente su trabajo. FIMA cuenta con equipos y maquinarias de última generación en quipos de soldadura tales como equipos de soldar multipropósito para procesos GMAW, GTAW, FCAW, SAW; equipos para soldadura de arco sumergido SAW, equipos para soldadura orbital, manipuladores, posicionadores y rotadores. También es el caso de empresas de importantes de este rubro como IMECON S.A, COMECO S.A.C. y otras.

En nuestra localidad, la empresa INCOSERG S.R.L., con más de 23 años en el sector metalmecánico y dedicada a la fabricación de estructuras metálicas, equipos y herramientas para el sector pesquero, minero, agrícola, siderúrgico, agroindustrial y otros, utiliza el proceso de soldadura por arco eléctrico con revestimiento de electrodo (SMAW), en especial para su principal actividad que a lo largo de estos años viene siendo la fabricación de tanques de almacenamiento, puesto que en sus inicios de cimentación en el mercado metalmecánico sólo contaba con personal con conocimiento empírico y experiencia básica dentro del rubro, más hoy en día, ese hecho ha quedado de lado pues la empresa cuenta con soldadores con homologación y con equipo sofisticado capaz de realizar multiprocesos de soldadura (SMAW, GMAW, FCAW, GTAW, SAW). Pero pese a ello, la empresa sigue utilizando SMAW como principal proceso de soldadura para los proyectos que ejecuta, siendo FCAW el segundo proceso que utiliza. Sin embargo, la empresa se encuentra enfocada en lograr que todas sus actividades de manufactura cumplan con las normas internacionales, pues sus principales clientes son empresas peruanas líderes del sector pesquero dedicadas a la extracción, transformación y comercialización de recursos hidrobiológicos para consumo humano directo e indirecto.

Debido a lo mencionado anteriormente y frente al propósito de mejora continua que tiene INCOSERG S.R.L para consigo misma, es primordial evaluar los procesos de soldadura principales de la empresa, a fin de que ésta no incurra en gastos excesivos antes de optar por la elección entre SMAW o FCAW como principal proceso de soldadura dentro de sus actividades a futuro.

Finalmente, el presente proyecto de investigación denominado **“EVALUACIÓN ECONÓMICA DE DOS PROCESOS DE SOLDADURA, PARA MINIMIZAR COSTOS EN FABRICACIÓN DE TANQUE DE ALMACENAMIENTO, EN UNA METALMECÁNICA”**, pretende dar solución al problema identificado, tratando en lo posible de generar un aporte significativo a su rentabilidad.

1.2. Trabajos previos

En la tesis para optar el grado de ingeniero mecánico, **“Análisis y estudio para desarrollo de una guía de prácticas para el laboratorio de ingeniería en soldadura de la FIMCP ESPOL de acuerdo con normas aplicables”**, (PAREDES VERDUGA, 2005), tras realizar un estudio y comparación del efecto del uso del proceso FCAW con gas y FCAW sin gas sobre las características de la unión soldada en el Laboratorio de Soldadura de su institución, concluyo lo siguiente:

Ambos métodos son utilizables para diversas aplicaciones y su uso dependerá de la disponibilidad de equipos y electrodos, así como de situaciones ambientales y de trabajo. Además, aseguró que el método de FCAW-G es aplicable a situaciones similares a las de GMAW y que el método de FCAW-S es aplicable a situaciones similares a la de SMAW. Sin embargo, existen ventajas y desventajas con el uso de FCAW y los dos otros métodos antes mencionados. Entre otros las ventajas de FCAW son las siguientes: excelente apariencia de cordón, alto factor de operación, 4 veces mayor la tasa de deposición comparada con SMAW, se requiere menos limpieza previa que GMAW, resulta menos distorsión que SMAW. Entre las desventajas están que: los equipos son más caros que los de SMAW, los cables tubulares son más caros que los cables utilizados en GMAW.

De igual forma, (GARCES SANCHEZ, 1995), en su tesis de grado, **“Influencia de los parámetros de soldadura con electrodo tubular sobre las características de uniones soldadas”**, como resultado de su trabajo concluyo que el proceso de soldadura

con electrodo tubular de núcleo fundente (FCAW) es aplicable en aceros de bajo y medio carbono en planchas de espesores de 6 mm y mayores, para lo cual se ha de controlar adecuadamente los parámetros de soldadura principales como voltaje, amperaje y velocidad de avance.

En la tesis **“Soldadura del acero api 5l-x52 mediante el proceso Flux Cored Arc Welding (Fcaw) Con transferencia pulsada”** de (GONZÁLEZ G., y otros, 2001), se menciona que la soldadura FCAW-G con transferencia pulsada, reportó un excelente acabado superficial con escasas salpicaduras y porosidades. Y las propiedades mecánicas evaluadas en las juntas soldadas FCAW-G con transferencia pulsada, cumplen con los requerimientos establecidos en la norma API 1104, norma que es aplicada para tuberías.

(DA CUNHA DE MATOS, 2012), en su investigación **“Welding Procedures Specification for FCAW of Wind Towers”**, comenta que en un proceso de soldadura FCAW, la ventaja del CO₂ es la alta velocidad de soldadura, la penetración profunda, la disponibilidad común y la calidad el rendimiento de soldadura, así como su bajo costo y una instalación simple. Pudiendo atestiguar que con el proceso FCAW, en sus resultados, existe ninguna o muy pocas imperfecciones; además de las mejores tasas de deposición; concluye, que el uso de FCAW para la construcción in situ y la construcción del convertidor de energía eólica es un buen sustituto del método actual de fabricación y montaje mediante bridas atornilladas, dado que el procedimiento es muy robusto y fácilmente repetible, cuando se realiza con las precauciones adecuadas.

Por otra parte, (AFRANE GYASI, 2013) en su investigación **“Quality, Productivity and Economy in Welding Manufacturing – Case Study: West Africa”**, menciona que la mayoría de las operaciones de soldadura, en el sector industrial de la construcción, favorecen el uso de SMAW. La tendencia en el uso de los procesos de soldadura puede atribuirse al costo de inversión, área de aplicación, tipos de materiales y la disponibilidad de mano de obra. Además, recomienda que las empresas deben comprometer sus operaciones de soldadura con sistemas de mecanizado y considerar el uso extensivo de otros procesos de soldadura además de SMAW para aprovechar todo el potencial de la tecnología de soldadura. El uso de procesos de soldadura con gas inerte o gas activo debe ser totalmente aceptado ya que es altamente competitivo con SMAW, tiene una tasa de productividad más alta que SMAW.

Finalmente, en la tesis de (VILCHEZ AQUINO, 2014), **“Mejora del proceso productivo en la fabricación de ductos de acero ASTM-A709 en una planta industrial, comparando procesos de soldadura SMAW y FCAW”**, para optar el grado de ingeniero de mecánico en la Universidad de Ingeniería, el autor menciona que la tecnología de soldadura representa un proceso especial en la fabricación de ductos de acero. Además, el proceso SMAW es uno de los obstáculos que enfrenta la empresa en la mejora de la eficiencia del trabajo, por tal motivo es apropiado transformar la tecnología de soldadura manual a automático o semiautomático. Con el proceso de soldadura FCAW se ha demostrado que reduce el factor horas/hombre. El porcentaje horas/hombre mediante FCAW es 70% menos que el proceso SMAW.

1.3. Teoría relacionada al tema

1.3.1. Procesos de soldadura

El objetivo principal en cualquier tipo de soldadura es el de conseguir una junta con las mismas características que el metal base. (GIACHINO, y otros, 2007)

Actualmente existen diversos procesos de soldeo con los que se consigue unir los aceros de bajo carbono, entre los procesos de soldadura por arco eléctrico, los más importantes son los procesos de soldadura con electrodo consumible.

En este grupo de procesos, el electrodo consumible es un metal que se funde para hacerse parte del cordón de soldadura. La zona de soldadura está protegida por un gas o un fundente. (SCHEY, 2002)

Proceso SMAW (Shield Metal Arc Welding)

Según (KALPAKJIAN, y otros, 2008), la soldadura con arco y metal protegido (SMAW) es uno de los procesos de unión más antiguos, sencillos y versátiles. Hoy en día, alrededor de 50% de toda la soldadura en la industria y el mantenimiento se realiza mediante este proceso. El arco eléctrico se genera tocando la pieza de trabajo con la punta de un electrodo recubierto y retirándola con rapidez a la distancia suficiente para mantener el arco. **Ver Figura 1 y 2.**

Ventajas del proceso SMAW

- Fuente de poder económica y portátil.
- Este método es útil por su simplicidad y bajo precio.

- Permite la soldadura en todas las posiciones.
- Este proceso es más adecuado para piezas de trabajo de 3 a 19 mm.
- Es aplicable a la mayoría de metales y aleaciones de uso industrial.
- Protege el material de aporte del medio ambiente y es menos sensible al viento.

Desventajas del proceso SMAW

- El proceso es no automatizable.
- Tasa de deposición baja, por tener que retirar escoria y cambio de electrodos.
- Los costos de mano de obra como los de los materiales son elevados.
- No es aplicable a metales de bajo punto de fusión ni a los metales sensibles a la oxidación.
- Este procedimiento no es adecuado para espesores menores a 3,0 mm.

Proceso FCAW (Flux-cored Arc Welding)

(SCHEY, 2002) Se obtiene el mismo resultado que en SMAW. El alambre para soldar ahora se puede enrollar y es factible la soldadura automática continua. Algunas veces se proporciona una protección adicional con un gas, de hecho, ya que utiliza tanto un electrodo con núcleo de fundente y un gas protector externo, se podría decir que se trata de una combinación de metal de gas y con núcleo fundente de soldadura por arco. **Ver Figuras 3 y 4.**

Ventajas del proceso FCAW

- Alta calidad del metal depositado
- Excelente apariencia del cordón, soldadura suave y uniforme.
- Excelente contorno de los cordones de filete horizontales.
- Se puede soldar una variedad de aceros con un amplio rango de espesores.
- Factor de alta operatividad: fácil mecanizado
- Alta tasa de deposición: densidad de alta corriente.
- Utilización del metal de electrodo: relativamente alta.
- Velocidades de desplazamiento relativamente alta.
- Economía en los diseños ingenieriles de las juntas.
- La limpieza previa es menor que la que se requiere para la soldadura por arco de metal con protección gaseosa GMAW.
- Distorsión reducida comparada con la soldadura SMAW.

- Alrededor de cuatro veces más velocidad de deposición que con SMAW.
- Los electrodos autoprotegidos tienen buena tolerancia al viento y no requieren del manejo de equipos de gas.
- Mayor tolerancia a los contaminantes que pueden causar fisuras en la soldadura.
- Resistentes a la fisuración bajo pileta.

Desventajas del proceso FCAW

- Está limitado a la soldadura de materiales ferrosos y aleaciones base níquel.
- El proceso produce escoria la que debe ser eliminada.
- El consumible es más caro a igualdad de peso que los alambres sólidos, excepto para aceros de alta aleación.
- El equipo es más complejo que el de SMAW, por lo que requiere mayor mantenimiento.
- La humedad del ambiente aumenta la posibilidad de óxido en el carrete.

Normalización de soldadura

La mayoría de las normas hacen referencia a otras normas. Sin embargo, puede ser difícil tener un panorama global de cómo se relacionan entre ellas; generalmente se habla de normas principales y normas complementarias.

Dependiendo del tipo de construcción soldada que se vaya a fabricar y la aplicación que se requiera se selecciona el código. **Ver Figura 5.**

Selección del proceso de soldadura

(MAURY RAMÍREZ, y otros, 2009) Aplicar los criterios para la selección de procesos o software de selección de materiales y procesos, que permitan definir la compatibilidad que tiene el proceso con otros procesos, con calidad, eficiencia y efectividad requerida, con materiales base y aporte, con el sistema de protección gaseosa, con el método de aplicación y con la aplicación (trabajo) requerida.

Para seleccionar los procesos de soldadura se requiere conocer:

- El comportamiento del metal base ante un determinado ciclo térmico, debido a que dependiendo de las temperaturas alcanzadas y de las velocidades de enfriamiento consecuentes, se determina si el proceso es aplicable sin limitaciones o se requiere aplicar algún tratamiento térmico que le permita ser soldable con dicho proceso.

- Las características de los materiales de aporte, fundentes y gases de protección, arrastre y respaldo, y su compatibilidad con el metal base.
- El diseño de la junta y las posibles posiciones de soldadura durante la fabricación, ensamble y/o montaje.
- Condiciones ambientales y locativas de fabricación, ensamble y/o montaje del componente o producto que va a soldarse.
- Especificación de calidad y volumen de soldadura que se requiere.
- Presupuesto disponible para el proyecto de soldadura y la relación de costos/tiempo/beneficios de los posibles procesos aplicables al proyecto de acuerdo con el volumen de producción y la satisfacción de calidad de soldadura especificada.
- Niveles de habilidad y destreza de soldadores y operarios de soldadura disponibles. Esto permite determinar si es necesario entrenar al personal de soldadura en el proceso seleccionado.

Material base, forma y geometría

(MAURY RAMÍREZ, y otros, 2009) Es recomendable consultar formas, geometrías, propiedades y aplicaciones comunes y toda información que se considere necesaria para el diseño y desarrollo del producto soldado en catálogos de fabricantes y proveedores de materiales.

Se debe revisar los certificados entregados por el fabricante, en los cuales deben constar registros de número de lote del cual proceden las soldaduras, electrodos o alambre; también deben constar registros de pruebas químicas con comprobante que el material cumpla con los requerimientos mínimos o máximos.

En ciertos casos también será necesario sacar muestras de material, elaborar probetas y enviar a un laboratorio a realizar pruebas para verificar que los valores correspondan con los certificados.

De igual manera (MAURY RAMÍREZ, y otros, 2009) menciona que el contratista de soldadura debe verificar el estado del material al recibirlo en la obra o en el taller donde elaboran los elementos, comprobando que no tenga defectos de fábrica, que no se haya estropeado en el transporte y que tenga las dimensiones correctas. El personal que recibe dichos materiales normalmente no tiene cuidado de revisarlo minuciosamente por lo que es recomendable que personal de control de calidad con cierto conocimiento

en materiales realice esta labor y en caso de encontrar alguna inconsistencia rechazar el material y exigir que sea reemplazado, esto se debe hacer antes de empezar cualquier proceso de corte, preparación o soldadura, a fin de evitar pérdidas de tiempo.

1.3.2. Costos de soldadura

Las operaciones de soldadura involucran un gran número de aspectos que pueden tener algún tipo de impacto en su costo final, como por ejemplo la utilización de materiales consumibles (metal de aporte, gas, fundentes y otros), el costo de la mano de obra y otros costos fijos, el gasto de energía eléctrica, los costos de mantenimiento y los de depreciación de los equipos y los costos de los equipos y materiales de protección, de las piezas, herramientas y otros materiales.

Necesidad e importancia

(MAURY RAMÍREZ, y otros, 2009) Es de real importancia tener en cuenta:

- El costo de construcción soldada ayuda a determinar la ventaja competitiva de una construcción soldada en comparación con una pieza vaciada u otro tipo de construcción.
- Los costos de la soldadura sirven para determinar estimaciones de costo para concursar en trabajos de soldadura, establecer tarifas de programas de incentivos y para comparar los procesos de construcción de soldada con los demás tipos.

Determinación de costos

(MAURY RAMÍREZ, y otros, 2009) Un diseño no es completamente útil hasta no tener una idea clara del costo que se requiere para fabricar el producto. Generalmente aquellos productos con costos más bajos son los más atractivos en el mercado, y para tener una idea clara de lo que son los costos en soldadura es conveniente tener en cuenta los elementos que éste involucra. **Ver Figura 6.**

Costo estándar

(GIRALDO JARA, 2014) Los costos estándar están basados en estudios técnicos y experimentos controlados, tales como:

- Selección minuciosa de las materias primas.
- Estudio de tiempos y movimientos de operaciones.
- Estudio de ingeniería industrial sobre la maquinaria y otros medios de fabricación.

El costo estándar de la mano de obra se obtiene multiplicado el tiempo estándar por la tasa horaria estándar; cualquier diferencia entre el costo estándar y el costo a comparar, representa la variación total de mano de obra.

(GIRALDO JARA, 2014) El estándar de la mano de obra consiste en dos factores separados y distintos, similares a los que corresponde al estándar de la materia prima. El estándar de cantidad se convierte en un estándar de tiempo, cantidad, empleo o eficiencia para la mano de obra; mientras que, el estándar de precio para la mano de obra se denomina jornal o salario. En general, un estándar de mano de obra incluye un estándar tiempo y precio.

El tiempo estándar multiplicado por el salario equivale al costo estándar de la mano de obra para una unidad del producto; sin embargo, si este es multiplicado por el volumen de la producción equivale al costo estándar de mano de obra para el ejercicio.

El tiempo estándar que requiere la producción de una unidad se establece por lo general determinando el tiempo estándar necesario para efectuar cada una de las operaciones mediante estudio de tiempos y movimientos.

Dentro del costo estándar de mano de obra directa puede considerarse un incremento por tiempo perdido. Si no se incluyeran las pérdidas de tiempo en el costo estándar, entonces el costo por pérdida se mostraría como una variación de eficiencia de la mano de obra. Normalmente, el tiempo perdido, es considerado como un factor no controlable; así que, para poder reflejarlo en los costos estándar, se realizan reajustes.

(GIRALDO JARA, 2014) Mediante el costo estándar es posible estandarizar las operaciones y las unidades, considerando dentro de estas últimas las cantidades de material y horas de trabajo.

No obstante, los estándares fijos básicos o de medida, sirven únicamente como punto de referencia o medida con el que se comparan los resultados reales.

Composición del costo de soldadura

Los principales componentes del costo de soldadura son:

- Costo de consumibles (electrodo, fundente, gases de protección, electricidad, etc.).
- Costo de mano de obra.
- Gastos generales.

Costo de consumibles

Al considerar que existen numerosos procesos de soldadura y que cada uno tiene rendimientos diferentes, la cantidad total de consumibles que deben ser adquiridos varía considerablemente entre uno y otro. **Ver Figura 13.**

Peso metal depositado

(INDURA S.A, 2013) Cantidad de metal de aporte necesario para completar una unión soldada (**Ver Figura 7**). Donde la relación para determinar peso metal depositado es:

$$P_{md} = \text{Área seccional} \times \text{longitud} \times \text{densidad aporte}$$

Eficiencia de aportación

(INDURA S.A, 2013) Relación entre el metal efectivamente depositado y la cantidad en peso de electrodos requeridos para efectuar ese depósito. **Ver Figura 8.**

Velocidad de deposición

(INDURA S.A, 2013) Cantidad de material de aporte depositado en una unidad de tiempo. **Ver Figura 9 Y 10.**

Factor de operación

(INDURA S.A, 2013) Se define como la relación entre el tiempo en que ha existido arco y el tiempo real, tiempo total pagado. **Ver Figura 11.**

Flujo de gas

(INDURA S.A, 2013) Cantidad de gas necesario para protección por unidad de tiempo. **Ver Figura 12.**

Costos mano de obra

Con excepción de ciertas aplicaciones semiautomáticas y automáticas, el costo de mano de obra, hoy en día., representa la proporción más significativa del costo total en soldadura.

El costo de mano de obra para producir una estructura soldada, depende de la cantidad de soldadura necesaria, velocidad de deposición, factor de operación y valor de mano de obra.

El factor de operación ha sido definido como la razón entre el tiempo real de arco y tiempo total que se paga al operador expresado en porcentaje. Así el intervalo de factores de operación, dependerá del proceso de soldadura y su aplicación. **Ver Figura 14.**

El diseño de la unión decide la cantidad de soldadura requerida y a menudo la intensidad de energía que se debe emplear al soldar. Sin embargo, los dos principales ítems que controlan los costos de mano de obra son velocidad de deposición y factor de operación. **Ver Figura 15.**

Gastos generales

Los dos primeros ítems son costos directos de soldadura. Sin embargo, gastos generales incluye numerosos ítems indirectamente asociados con la soldadura, como son: depreciación, mantención, capacitación de personal, supervisión técnica, etc.

1.4. Formulación del problema

¿De qué manera la evaluación económica de dos procesos de soldadura (SMAW y FCAW) en Fabricación de Tanque para Almacenamiento, minimizará los Costos de Soldadura de la empresa INCOSERG S.R.L.?

1.5. Justificación

El presente estudio de investigación es conveniente porque determinará cuál de los dos procesos de soldadura será el más económico para INCOSERG S.R.L. al fabricar un tanque para almacenamiento bajo norma API 650.

Así mismo tiene relevancia social, porque beneficiará como material de ayuda a aquellos emprendedores de “Pequeñas y Medianas Empresas” (PyMEs) que presten o quieran prestar servicios referentes a los procesos de soldadura que se mencionan en la presente investigación, logrando un mejor enfoque en la toma de decisiones frente a algún proyecto de igual o mayor magnitud del cual se evaluará.

Por ende, tiene implicancias prácticas porque este estudio buscará identificar cuál de los procesos de soldadura será el más económico, a fin que permita generar mayor rentabilidad a INCOSERG S.R.L.

Finalmente, la investigación tendrá un valor teórico porque revalidará los conceptos que yacen en el Manual de Soldadura de la AWS y en libros afines a este tema.

1.6. Hipótesis

El tipo de estudio nos lleva a la formulación de cierta clase de hipótesis y éstas a la selección de determinado diseño de investigación (Sampieri, Roberto, 1991, p.202).

Por ende, debido a la correspondencia entre Tipo de Estudio, hipótesis y diseño de investigación.

Hipótesis de investigación (Hi) : El costo del proceso FCAW es menor que SMAW, logrando minimizar los costos de soldadura para INCOSERG S.R.L. de Chimbote, 2018

Hipótesis nula (Ho) : El Proceso FCAW no minimizará los costos de soldadura en la empresa INCOSERG S.R.L. de Chimbote, 2018

1.7. Objetivos

1.7.1. Objetivo general

Evaluar económicamente los procesos SMAW y FCAW, para minimizar costos de soldadura en fabricación de tanque de almacenamiento.

1.7.2. Objetivos específicos

- Identificar los costos del proceso SMAW en fabricación de tanque de almacenamiento, por la empresa INCOSERG S.R.L.
- Identificar los costos del proceso FCAW en fabricación de tanque de almacenamiento, por la empresa INCOSERG S.R.L.
- Enumerar los costos de los procesos SMAW y FCAW para identificar el proceso más económico para Fabricación de tanque para almacenamiento.

II. MÉTODO

2.1. Diseño de investigación

El diseño de la investigación a realizar es Cuasiexperimental, debido a que la investigación se trata de dos grupos intactos. (Sampieri, Roberto, 1991, p.202).

2.1.1. Tipo de estudio

La investigación es explicativa porque se detallan las variables proceso de soldadura y costos de proceso de soldadura, con la finalidad de describir la situación actual de la empresa en su contexto natural. (Hernández et al, 2010,p.)

La investigación aplicada parte (por lo general, aunque no siempre) del conocimiento generado por la investigación básica, tanto para identificar problemas sobre los que se debe intervenir como para definir las estrategias de solución. (González, D. 2004).

La Investigación es transversal, porque recolecta datos en un solo momento, en un tiempo único. Su propósito es describir variables y analizar su incidencia e interrelación en un momento dado (Hernández et al, 2010, p.151).

2.2. Variables y operacionalización

La presente investigación tiene dos variables:

Variable Independiente : Procesos de Soldadura

Variable Dependiente : Costos de Proceso de Soldadura

Tabla 1: Operacionalización de variables

Variable	Definición Conceptual	Definición Operacional	Indicadores	Escala de Medición
Procesos de Soldadura	<p>La soldadura es un proceso de fabricación que une a los materiales, generalmente metales o termoplásticos, causando la coalescencia. (COLD)</p> <p>La unión que se logra entre un material base y material de aporte.</p>	SMAW: El arco eléctrico se genera tocando la pieza de trabajo con la punta de un electrodo recubierto y retirándola con rapidez a la distancia suficiente para mantener el arco.	<p>Toma de Tiempos.</p> <p>Cantidad de soldadura empleada.</p>	Intervalo
		FCAW: El electrodo metálico consumible en forma de alambre, alimentado por medio de la pistola para soldar, está protegido por un gas inerte	<p>Ensayos no destructivos (END).</p>	
	<p>Los costos de soldadura sirven para determinar estimaciones de costo en trabajos de soldadura. (MAURY RAMÍREZ, y otros, 2009)</p>	Cálculo de Metro Lineal Costo de electrodo, Mano de Obra, Gastos Generales, Costo de Gas y Costo de Fundente.	Costo de mano obra.	
		Peso de Metal Depositado Cantidad de metal de Aporte necesario para		

Costos de Proceso de Soldadura	Los aspectos económicos que involucran el proceso de soldadura, tales como la mano de obra, costo de consumible y otros.	completar una unión soldada. Relación para determinar peso metal depositado.	Costo de consumibles. Costos indirectos.	Intervalo
		Eficiencia de aportación Relación entre el metal efectivamente depositado y la cantidad en peso de electrodos requeridos para efectuar ese depósito.		
		Velocidad de Deposición Cantidad de material de aporte depositado en una unidad de tiempo.		
		Factor de Operación Se define como la relación entre el tiempo en que ha existido arco y el tiempo real, tiempo total pagado.		
		Flujo de Gas Cantidad de gas necesario para protección por unidad de tiempo.		

2.3. Población y muestra

Población : Costos de soldadura en fabricación de tanque para almacenamiento.

Muestra : Costos de soldadura empleando proceso SMAW.
Costos de soldadura empleando proceso FCAW.

Muestreo : No probabilístico y por conveniencia.

2.3.1. Criterios de selección

2.3.1.1. Criterio de inclusión

Todos los materiales, equipos y personal calificado, necesarios, durante la ejecución del proceso de soldadura para la Fabricación de Tanque de Almacenamiento.

2.3.1.2. Criterio de exclusión

Todos los materiales y equipos que no se vean afectados por el proceso de soldadura. Además, no se consideró costo de energía por ser proporcionada y asumida por el cliente.

2.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

2.4.1. Técnica de recolección

La recolección contiene datos de costos de consumibles (soldaduras), costo de mano de obra y otros asociados al proceso de soldadura; esta medición se llevó a cabo a través de la gestión de costos y desarrollo de las fórmulas que forman parte de las teorías relacionadas al tema, las mismas que yacen en este mismo documento.

Tabla 2: Técnicas e instrumentos de recolección de datos

VARIABLE		TECNICA	INSTRUMENTO O HERRAMIENTA	FUENTE O INFORMANTE
INDEPENDIENTE	Proceso de soldadura	Observación	Norma API 650 Ficha	Proceso productivo
		Inv. Bibliográfica		Bibliotecas físicas y virtuales

DEPENDIENTE	Costos de soldadura	Observación Inv. Bibliográfica	Gestión de Costos Guía Ficha	Proceso productivo
				Ejecución del proyecto
				Bibliotecas físicas y virtuales

2.4.2. Instrumento de medición

El nivel de medición fue Nominal, pues se tuvieron dos categorías de la variable independiente (Sampieri, Roberto, 1991, p.257).

Dado que la finalidad de esta investigación fue lograr minimizar los costos de soldadura, evaluando los procesos SMAW y FCAW, el instrumento de medición fue el Sistema de Costos, a través de la gestión de costos.

Un sistema de costos estándar es el conjunto de procedimientos y normas que permiten determinar el costo estándar y además ayudar en el control y la toma de decisiones.

La primera ventaja del sistema de costos estándar está dada por la calidad de la información que suministra. Esta información es más rápida, oportuna, veraz y económica, la misma que será brindada por la empresa a investigar. Además, antes de empezar a utilizar este instrumento, se utilizará una Ficha de Observación (**Ver Anexo 01**) para recopilar datos necesarios mediante la realización de los procesos de soldadura a evaluar, en platinas de acero estructural.

2.4.3. Validación y confiabilidad del instrumento

Aplicación piloto en una pequeña muestra con el fin de verificar la consistencia conceptual expuesta en la sección “Costos de Procesos de Soldadura” y comprensión de las variables de investigación. Para ello se tuvo en cuenta un estudio de productividad de soldadura, (Study of welding productivity for MIL A 46100 steel weldments produced using GMAW and SMAW, 2011), publicado en la Revista Facultad de Ingeniería Universidad de Antioquía y de la cual se extrajo material como instrumento. Ver Ficha de Observación (Anexo 1).

Esta misma muestra consiste en la recolección de datos obtenidos en uniones soldadas en probetas.

2.5. Métodos de análisis de datos

Los métodos de análisis de datos para este proyecto de investigación se enmarcan en el método de análisis cuantitativo. Por tal motivo, la elaboración de la distribución de frecuencia de las variables, cruce de dos o más variables, establecimiento de las relaciones entre las variables y el grado de desagregación de las mismas son parte del análisis.

Gráficos: Para hacer más vistosa, atractiva e interactiva la información recolectada se presentarán gráficos.

La información suministrada por la empresa INCOSERG S.R.L. es verificada, afín de detectar posibles inconsistencias u omisiones de información.

Se revisita la empresa para realizar recolección de datos necesarios, en base a la **Ficha de Observación** (véase en Anexo 1: **Instrumento - Ficha de observación**) de esta investigación.

Tabla 3: Métodos de análisis de datos

OBJETIVO ESPECÍFICO	FUENTE	TÉCNICA	HERRAMIENTAS	RESULTADO
Identificar los costos del proceso SMAW para el desarrollo del proyecto.	Investigador	Observación experimental	Ficha de observación	Información necesaria para análisis de costos.
Identificar los costos del proceso FCAW para el desarrollo del proyecto.		Medición de datos		

Enumerar los costos de los procesos e identificar el proceso de soldadura más económico para el desarrollo del proyecto.	INCOSERG S.R.L.	Análisis documental Medición de datos	Archivos / fichas Contrastación	Comparación de resultados de la gestión de costos.
--	-----------------	--	--	--

2.6. Aspectos éticos

Los datos recopilados fueron reales dado que estos se obtienen a través de la aplicación piloto de los procesos de soldadura a evaluar; por otro lado, el investigador se compromete a respetar la veracidad de los resultados obtenidos; así mismo, la confiabilidad de los datos suministrados por la empresa involucrada; así como, el procedimiento de ejecución de sus operaciones durante el desarrollo de un proyecto y registro de asignación de salarios a colaboradores.

III. RESULTADOS

3.1. Diagnóstico situacional actual

Dado que la finalidad de esta investigación es la de cumplir con los objetivos específicos señalados al inicio de la investigación, se procedió a aplicar el instrumento de recolección de datos diseñado (FICHA DE OBSERVACIÓN), el mismo que se utilizó durante el proceso de soldado de cada una de las probetas, las cuales a su vez fueron soldadas a 0.5 metros lineales en proceso SMAW y el 0.5 metros lineales restantes con FCAW (véase **Figura 16** en Anexos).

Previo a esto se realizó el diseño del Tanque de Almacenamiento, de acuerdo a norma API 650, en el software AUTODESK INVENTOR 2016, con la finalidad de poder contar con datos reales de los metros lineales posibles a soldar en el mismo y determinar los tipos de juntas de soldadura a efectuarse una vez ya seleccionado el proceso de soldadura a emplear, tras haber contrastado ambos (véase **Photo panel** en Anexo 4).

De esta forma, los resultados obtenidos en cada una de las pruebas, fueron agrupados de acuerdo con las dimensiones e indicadores definidos en el cuadro de operacionalización de las variables, a fin de con ello facilitar la interpretación de los mismos y, de este modo, cumplir con el objetivo general del estudio, consistente en la evaluación económica de los dos procesos de soldadura investigados, consiguiendo con ello facilitar la toma de decisiones frente a la minimización de los costos de soldadura en la Fabricación de Tanque de Almacenamiento por cuenta de INCOSERG S.R.L.

Cabe recalcar que la información recopilada fue relacionada con el sustento teórico de la investigación.

A continuación, se presentan las dimensiones generales del tanque de almacenamiento que se tuvieron en cuenta al momento de contrastar la información recabada:

3.1.1. Datos generales del diseño y condiciones

Los datos descritos a continuación forman parte del requerimiento solicitado por el principal cliente de INCOSERG S.R.L., los mismos que fueron suministrados dado que ellos cuentan con tanques de la misma característica. Así mismo, se adoptaron medidas de planchas de acero calidad ASTM – A36, por ser las más demandadas en el mercado.

- Altura nominal del Tanque $H = 7,50 \text{ m} = 24 \text{ pie aprox.}$
- Diámetro $D = 4,50 \text{ m} = 15 \text{ pie aprox.}$
- Entrada de Hombre de 24".
- Presión de diseño: Atmosférica equivalente a 14.7 Psia o 101.352 Kpa o 1 atm.
- Gravedad específica del líquido a almacenarse $G = 1$. (Prueba Hidrostática)
- Corrosión Admisible $CA = 1/8''$ (3,175 mm) para el cuerpo.
- Espesor mínimo especificado = $3/16''$ (5mm).
- Temperatura máxima de operación 93°C.
- Material para planchas del tanque, A-36.

3.2. Descripción y análisis del estudio de tiempos y pesos

Teniendo en cuenta como datos los espesores de plancha metálica utilizada (véase **Tabla 4** en Anexos) y considerando a su vez que dentro del proceso de soldadura que involucró al tanque de almacenamiento existieron diversas posiciones de trabajo al momento de realizar la unión de dos piezas metálicas; en primer lugar, se determinaron los parámetros del procedimiento de soldadura para ambos procesos (véase **Tabla 5 y Tabla 6** en Anexos) y el tipo de aporte a emplear en el proceso SMAW (véase **Tabla 69** en Anexos) a fin de determinar su relación cantidad/kilogramo.

Tras realizar el análisis de varianza (ANOVA) en los tiempos y cantidades de material depositado observados (ver **Tabla 10, Tabla 13, Tabla 17 y Tabla 20** en Anexos), se elaboraron los diagramas de cajas respectivos para cada uno de los indicadores (ver **Figura 47 y Figura 48** en Anexos), obteniendo como resultados que las medias de indicador son diferentes; por tanto al identificar que las muestras son apareadas dado que se evalúan las observaciones obtenidas de un mismo grupo de personas, se procedió a realizar la contrastación de la hipótesis en cada tipo de posición de soldadura para cada indicador (ver **Anexo 13**).

Sin embargo, tras elaborar la **Tabla 77** (véase en Anexos), resultado del estudio de productividad de soldadura entre proceso SMAW y FCAW en cada una de las posiciones de soldadura evaluadas; y dado que ésta muestra la diferencia en tiempos, desperdicio y material depositado del procedimiento de soldadura, se elaboró el gráfico de comparación de cantidad de material depositado vs consumido (ver **Figura 49** en Anexos).

A su vez, cabe señalar que, durante la prueba piloto, se evidenció un mejor acabado en el cordón de soldadura con FCAW (véase **Photo panel** en Anexos 5).

Los datos obtenidos en las tablas antes mencionadas fueron recopilados tras evaluar cada medio metro lineal de trabajo, puesto que es la medida idónea adaptada por los soldadores de la empresa. Como justificación adicional, no se realizó la evaluación de soldadura en función a un metro lineal pues en la práctica, esta acción de soldadura supone una deformación de material debido a la continua generación de calor.

Posteriormente, se elaboraron tablas en función a los datos obtenidos por metro lineal.

La **Figura 17** (véase en Anexos) proveniente de la **Tabla 78** (véase en Anexos) mostró la relación de la cantidad de tiempo empleado por cada posición de proceso de soldadura, siendo SMAW en todas mayores que FCAW. No obstante, la **Figura 18** (véase en Anexos), proveniente de la **Tabla 79** (véase en Anexos) mostró la relación de la cantidad de tiempo de arco empleado (sólo el tiempo que se hizo arco eléctrico, es decir, sin considerar los tiempos de biselado y limpieza) por cada posición de proceso de soldadura, siendo SMAW en todas mayores que FCAW de igual forma.

Ya descritos los tiempos por metro lineal, en la **Figura 19** (véase en Anexos), proveniente de la **Tabla 80** (véase en Anexos) se mostró la relación de la cantidad de material de consumido por cada posición, logrando observar como dato relevante un mayor consumo de soldadura en la posición 2G usando el proceso FCAW en contraste a SMAW; así mismo, de este último proceso en mención, se identificó el porcentaje de consumo correspondiente para cada tipo de electrodo (véase en Anexos, **Figura 20** proveniente de la **Tabla 81**).

Con referencia a lo mencionado con anterioridad, para detallar las cantidades de material consumido, en cada proceso, se elaboró la **Figura 21** (véase en Anexos), proveniente de la **Tabla 82** (véase en Anexos) donde se muestra la cantidad de material depositado y desperdiciado según cada posición con SMAW; de igual forma, **Figura 22** (véase en Anexos), proveniente de la **Tabla 83** (véase en Anexos) hizo muestra de la misma relación para FCAW.

A propósito, tras analizar la **Figura 20** y la **Figura 21**, se observó que la cantidad de desperdicio de soldadura en proceso FCAW, en todas las posiciones evaluadas, siempre es menor que con SMAW.

Así mismo, tras realizar el diseño del tanque de almacenamiento, en el software AUTODESK INVENTOR 2016, se elaboró una tabla que muestra la cantidad de juntas de soldadura desde el inicio hasta el culmino en una fabricación de tanque de almacenamiento (véase en Anexos, **Tabla 84**)

Así pues, la **Figura 23** (véase en Anexos) proveniente de la **Tabla 85** muestra que, de la totalidad de juntas de soldadura involucradas en la fabricación de un tanque de almacenamiento, un 43.80% es bajo condiciones de posición 2F, siendo la más alta y por el contrario con 1.22% en posición 5G, siendo esta la más baja.

No obstante, dado que, los datos hasta entonces obtenidos no contaban con el factor de porcentaje de tiempos suplementarios, para su cálculo se utilizaron las tablas proporcionadas por la empresa Peter Steel and Partners (incluidas como apéndice 3 del libro: Introducción al Estudio del Trabajo de la Oficina Internacional de Trabajo), las mismas que se señalan en las tablas del **Anexo 28** y que como resultado de la evaluación de estas, se consolidó la **Tabla 68**, para efectos de cálculo, en la **Tabla 86** respectivamente.

En consecuencia, como resultado de la consolidación de las tablas en mención (véase **Tabla 88** en Anexos), se obtuvo que, en el proyecto de fabricación de tanque de almacenamiento, un soldador ha de emplear con proceso SMAW, 138.35 horas; mientras que, con FCAW han de emplearse 65.57 horas (véase **Tabla 87** en Anexos). Del total de horas que corresponden al proceso SMAW, el 31% son tiempos suplementarios con una suma de 42.94 horas (véase **Figura 24** en Anexos); mientras que los tiempos suplementarios con FCAW se ven representados con una suma de 20.35 horas (véase **Figura 25** en Anexos). Se ha de precisar que los tiempos suplementarios forman parte de los tiempos muertos, dado que para este estudio son todos aquellos donde no se efectuó arco eléctrico.

Por tanto, tras la elaboración de la **Tabla 89** y **Tabla 90**, a fin de poder expresar las cantidades de material consumido y depositado en kilogramos y los tiempos en horas para cada uno de los procesos evaluados, mientras que la **Figura 26** mostró los tiempos totales de soldadura según posición, empleados por un soldador en la “Fabricación de un tanque de almacenamiento”, la **Figura 27** mostró la cantidad de soldadura empleada en el proyecto de estudio. Por consiguiente, se determinó a través de la **Tabla 91** que

para el proceso SMAW han de emplearse 36.04 kilogramos de electrodo E6011 y 85.92 kilogramos de E7018.

Finalmente, haciendo uso de la recopilación de datos y fórmulas descritas en el ítem “Costos de Procesos de Soldadura” se contrastó el consolidado de datos de la **Tabla 92, Tabla 93 y Tabla 94** (véase en Anexos), obteniendo como resultado de la tasa de variación al cambiar de un proceso de soldadura por otro, que el aplicativo propuesto (proceso FCAW) es favorable en todo aspecto (véase **Tabla 95** en Anexos); y de la variación de los indicadores totales del proceso de soldadura según cada posición, se evidenció sólo un descenso de valores correspondientes al factor de operación en las posiciones 2G Y 3G (véase **Tabla 96** en Anexos).

3.3. Análisis de resultados de la gestión de costos

Además de considerar los tiempos expuestos en la Tabla 88 y dado que hay actividades paralelas a la operación de soldeo y otras que anteceden a la misma, se elaboró la **Tabla 97** como muestra de las operaciones típicas en la fabricación de un tanque de almacenamiento y con la finalidad de demostrar que la operación de apuntalamiento forma parte del armado de una o más piezas mecánicas.

En mención a lo anterior, se elaboró un diagrama de análisis de operaciones para cada uno de los procesos evaluados (véase **Anexo 2: Diagrama de análisis de proceso SMAW** y **Anexo 3: Diagrama de análisis de proceso FCAW**), con la intención de incluir el tiempo total en el que estuvo involucrado un soldador durante el desarrollo del proyecto; obteniendo que con proceso SMAW, desde la participación de un soldador, se necesitaron 202 horas en conjunto con el resto de colaboradores hasta el culmino del proyecto; mientras que con FCAW tan sólo de 129 horas. Cabe señalar que, para ambos diagramas de análisis de operaciones, los ítems comprendidos desde el 01 al 15 forman parte de las actividades realizadas antes del montaje del tanque de almacenamiento y donde el soldador tuvo actividad.

Así mismo, se elaboró en detalle los costos de recursos que tuvieron interacción durante y fuera del proceso de soldadura. (véase **Tabla 98 y Tabla 99** en Anexos); obteniendo como resultado de análisis de la **Figura 28**, que a pesar que el precio de consumibles en FCAW es 24% más costoso que con SMAW y que el costo inicial de los equipos resulta menor en SMAW; la totalidad de costos relacionados a soldadura bajo la gestión

de costos, en una fabricación de tanque de almacenamiento de Ø 4500 mm x 7500 mm bajo norma API 650, es mayor en SMAW que en FCAW; puesto que los costos relacionados con FCAW representan el 74% del valor con SMAW, con una diferencia de S/. 5 487.85 a favor del proceso FCAW, monto que refleja rentabilidad para la empresa (véase **Tabla 109** en Anexos).

No obstante, y finalmente, tras la elaboración de la **Tabla 100**, se procedió a realizar la contrastación de la hipótesis para el indicador cuantitativo costo de juntas de soldadura por producción (ver **Anexo 29**), concluyendo que el nivel de impacto de costo de soldadura, sin consideración de los costos relacionados ya expuestos en la Figura 28, es de un 9.14 %, aceptando de esta forma la hipótesis del aplicativo propuesto (véase **Tabla 105** en Anexos).

IV. DISCUSIÓN

Tras los resultados obtenidos, aceptamos la hipótesis de investigación que establece que la evaluación determina que el costo del proceso FCAW es menor que SMAW, logrando minimizar los costos de soldadura para INCOSERG S.R.L.

Estos resultados guardan relación con lo que sostiene (PAREDES VERDUGA, 2005), quien señala que el método de FCAW es aplicable a situaciones similares a la de SMAW; y que si bien existen ventajas y desventajas con el uso de FCAW, sus ventajas son la excelente apariencia de cordón, alto factor de operación, 4 veces mayor la tasa de deposición comparada con SMAW y que no obstante, la desventaja es lo costoso que puede resultar equiparse con herramientas que permitan el proceso FCAW. Esto guarda relación en principio con la versatilidad que tiene el proceso FCAW al no restringir el uso de este en todo tipo de posición como en SMAW; así mismo, aunque nuestros resultados de factor operación son más altos en SMAW, los de FCAW se encuentran casi equiparados con los de SMAW y están dentro del rango promedio que se muestra en tablas. No obstante a ello, la tasa de deposición con el proceso FCAW logra ser mayor que con SMAW, guardando coherencia con lo que señala; así como cuan costosos logran ser los equipos e insumos para la realización del proyecto con el proceso FCAW.

Así mismo, (PAREDES VERDUGA, 2005) señala que pese emplear el proceso FCAW, su uso dependerá de la disponibilidad de equipos y electrodos, así como de situaciones ambientales y de trabajo. Lo cual es coherente pues los insumos para el proceso FCAW no son tan comerciales como lo son utilizando SMAW y el entorno donde se realizan proyectos como el que estuvo sujeto a estudio, suelen ser en lugares de litoral costero con bastante brisa; no obstante este proyecto en sí no supuso dificultad alguna por el hecho de realizar proceso de soldadura a nivel no mayor a dos metros sobre el suelo y donde muchas de las juntas del proceso de soldadura se realizaron dentro del anillo del tanque de almacenamiento.

De igual forma, (GARCES SANCHEZ, 1995), coincide con INCOSERG S.R.L., en mantener una capacitación constante de los procesos de soldadura a emplear, en especial el proceso FCAW, dado que este es aplicable en aceros de bajo y medio carbono en planchas de espesores de 6 mm y mayores. Por tanto, es importante

controlar adecuadamente los parámetros de soldadura principales como voltaje, amperaje y velocidad de avance.; que fueron necesarios al inicio de la toma de tiempos.

A su vez (GONZÁLEZ G., y otros, 2001), reafirma que el proceso FCAW reporta un excelente acabado superficial con escasas salpicaduras y porosidades. Lo cual es coherente puesto que para la realización del mismo proceso se emplean consumibles capaces de proporcionar una protección gaseosa al momento del arco eléctrico; así como el uso de pulverizador anti salpicaduras que protege a los elementos capaces de realizar lo antes mencionado.

Por otra parte, (DA CUNHA DE MATOS, 2012), aduce que la ventaja del CO₂ en FCAW, es la alta velocidad de soldadura, la penetración profunda, la disponibilidad común y la calidad el rendimiento de soldadura, así como su bajo costo y una instalación simple. Siendo esto correcto, pues es a diferencia de otros gases, el CO₂ es uno de muy bajo costo y por cierto, no nocivo a la salud a diferencia de otros gases o mezclas. Además, menciona que FCAW para la construcción in situ fue un buen sustituto del método de fabricación y montaje que estudió, dado que el procedimiento es muy robusto y fácilmente repetible, cuando se realiza con las precauciones adecuadas. Esto se confirma, puesto que, en el estudio de evaluación de costos de dos procesos de soldadura para la fabricación de un tanque de almacenamiento, también el uso del proceso FCAW supuso una mejora en el método de fabricación y montaje, obteniendo resultados significativos en cuanto a la diferencia de horas hombre y cantidad de consumibles.

A su vez, (AFRANE GYASI, 2013), la mención que la mayoría de las operaciones de soldadura, favorecen a SMAW, pues la tendencia en el uso de los procesos de soldadura se pueden atribuir al costo de inversión, área de aplicación, tipos de materiales y la disponibilidad de mano de obra; coinciden con la problemática del auto, dado que en las industrias, el proceso SMAW es el más accesible por su bajo costo de inversión. Así mismo, (AFRANE GYASI, 2013) al recomendar que las empresas deben considerar el uso extensivo de otros procesos de soldadura además de SMAW para aprovechar todo el potencial de la tecnología de soldadura, puesto que el uso de procesos de soldadura con gas inerte o gas activo tiene una tasa de productividad más alta que SMAW; confirma los resultados expuestos en este estudio dado que FCAW

al ser un proceso semiautomático, logra reducir tiempos y mejora la eficiencia de deposición de material.

Conforme a (VILCHEZ AQUINO, 2014), logró reducir el factor horas/hombre, siendo el porcentaje horas/hombre mediante FCAW, 70% menos que el proceso SMAW; por lo cual se comparte la conclusión de que la implementación del proceso FCAW en los proyectos de INCOSERG S.R.L. ha contribuido en la mejora de la eficiencia del uso de los recursos. Por tanto, se reafirma en caso de INCOSERG S.R.L., quien tras el uso del proceso FCAW, obtuvo un incremento de 35% en su utilidad proyectada.

De igual forma se reafirma lo señalado por (VILCHEZ AQUINO, 2014), al mencionar que SMAW representa un proceso especial en la fabricación de ductos de acero. Además, el proceso SMAW es uno de los obstáculos que enfrenta la empresa en la mejora de la eficiencia del trabajo, por tal motivo es apropiado a partir de la fecha cambiar al proceso de soldadura, semiautomático, FCAW.

Dado que el presente estudio se limitó al enfoque de evaluación de costos de soldadura y los relacionados a ella, las futuras investigaciones, que busquen información respecto al costo de fabricación de un tanque de almacenamiento, deberán tomar en consideración las diversas operaciones desarrolladas paralelamente al proceso de soldadura (ver Tabla 97 en Anexos). Así mismo, deberán considerar los costos de materiales, logística y otros.

Aunque el factor de operación del proceso FCAW a diferencia de SMAW es bajo en posiciones 2G y 3G, en el diseño o fabricación de cualquier componente para la industria hay tres consideraciones fundamentales que deben estar siempre presentes y que pese a ello FCAW cumplió; estas son eficiencia, costo y apariencia. Notablemente fue eficiente al reducir tanto las cantidades de material consumido, depositado, desperdicio y horas hombre, siendo este último el que mayor reflejó la reducción de costos en todas las juntas de soldadura bajo todas las posiciones evaluadas; así mismo, la apariencia del cordón de soldadura con FCAW fue más limpia debido al uso de protección gaseosa.

Así mismo, el presente estudio no contempla registros cuantitativos de eficacia, productividad y efectividad, dado que por ser este un estudio cuasi experimental y

hasta la puesta en marcha del proyecto no se pueden registrar datos que comparen los ya obtenidos en la evaluación de costos de este estudio.

V. CONCLUSIONES

Se evaluaron todos los costos que se ven involucrados tras el cambio de proceso de soldadura; concluyendo que, del proceso SMAW con valores de S/ 21,208.50 (100%) al proceso FCAW con S/ 15,720.65 (74.12%), la gestión de costos bajo el enfoque del Compendio del Saber de la Gestión de Proyectos (PMBOK), realizando el aplicativo propuesto, evidencia la sostenibilidad económica de la empresa con una reducción de S/ 5,487.85 (25.88%) en el proyecto de estudio.

La implementación del aplicativo logra reducir los costos por juntas de soldadura de una fabricación de tanque de almacenamiento, donde se necesitan según posiciones de soldeo, un gasto total en el proceso SMAW de S/ 3,023.31 (100%), a S/ 2,746.96 (90.86%) con proceso FCAW, consiguiendo una reducción de S/ 276.35 (9.14%) con el uso del aplicativo, consecuentemente reduciendo las cantidades de soldadura requeridas y los tiempos a emplearse.

El proceso de investigación, permitió demostrar que hay una escena favorable para la puesta en marcha del aplicativo propuesto, debido no sólo a la reducción de cantidades de soldadura a emplearse, también a la reducción del tiempo de soldeo. La suma de los tiempos ahorrados por el cambio del proceso de soldadura, han logrado reducir el tiempo que ha de emplearse en la fabricación del tanque de almacenamiento; lo que anteriormente se hacía en 202 horas, ahora se realiza en 129 horas, evidenciando que con el proceso FCAW se ha de lograr la reducción de tiempo de soldeo en 36%.

VI. RECOMENDACIONES

- Analizar el estado de resultados global de la empresa.
- Establecer procedimientos de trabajo para cada una de las actividades recurrentes en cada proyecto.
- Desarrollar una base de datos de los tiempos de realización de actividades principales, a fin de estandarizar los tiempos de fabricación de proyectos metalmecánicos a futuro.
- Para futuras investigaciones, considerar los tipos de posición a realizar en el soldeo, puesto que los costos de soldadura que reflejan cada una de ellas no son iguales.
- Desarrollar la gestión de costos en todas las actividades de la empresa INCOSERG, a fin de establecer con ello un control riguroso de las entradas y salidas de consumibles de soldadura, los mimos que, en algunas, pero no pocas, ocasiones están sujetos a pérdida o urto.
- Adiestrar o contratar personal calificado, capaz de poder realizar proceso de soldadura semiautomático FCAW; a fin de poder lograr con ello, incrementar el porcentaje de factor de operación en sus procesos.
- Realizar el estudio con una mayor cantidad de soldadores a evaluar para la recolección de datos.
- Considerar que los tiempos disponibles para efectuar la recolección de datos sean las primeras dos horas de un día laboral, ello, con el objetivo de no afectar al porcentaje de tiempos suplementarios, con el fin de no realizar la investigación al soldador bajo un estado fatigado.
- Realizar un estudio de eficacia, productividad y efectividad, a fin de comparar los valores obtenidos en esta evaluación con los de un proyecto en curso de la misma magnitud.

VII. REFERENCIAS

BIBLIOGRAFÍA Y LINKOGRAFÍA

AFRANE GYASI, Emmanuel. 2013. *Quality, Productivity and Economy in Welding Manufacturing – Case Study: West Africa*. Ingeniería Mecánica, Universidad Politécnica de Lappeenranta. Lappeenranta : s.n., 2013. pág. 146, Tesis de maestría.

COLD JET. WELD LINE CLEANING. COLD JET. [En línea] [Citado el: 10 de Mayo de 2015.] <http://www.coldjet.com/minisites/weldlinecleaning/en/cleaning.php>.

Comunidad Metalmecánica del Perú. Nosotros: Comunidad Metalmecánica del Perú. *Comunidad Metalmecánica del Perú*. [En línea] [Citado el: 10 de Mayo de 2015.] <http://www.metalmecanicaperu.org.pe/Nosotros.html>.

DA CUNHA DE MATOS, Nelson. 2012. *Welding Procedures Specification for FCAW*. Instituto Superior Técnico Lisboa. Lisboa : s.n., 2012. Tesis.

FIMA Perú. Nosotros: Fima Perú S.A. *Fima Perú S.A.* [En línea] [Citado el: 10 de Mayo de 2015.] <http://es.fimaperu.com/nosotros/fabricacion/transformacion-de-materia-prima/>.

GARCÉS SANCHEZ, Xavier Enrique. 1995. *Influencia de los parámetros de soldadura con electrodo tubular sobre las características de uniones soldadas*. Facultad de Ingeniería en Mecánica, Escuela Superior Politécnica del Litoral. Guayaquil : s.n., 1995. Tesis.

GIACHINO, Joseph W. y WEEKS, William. 2007. *Técnica y Práctica de la Soldadura*. [trad.] Matías Antuña. Barcelona : Editorial Reverté S.A., 2007. ISBN: 978-84-291-6053-6.

GIRALDO JARA, Demetrio. 2014. *Contabilidad de Costos*. [ed.] IFOSCOM. marzo 2014. Lima : Editorial e Imprenta Sánchez SRL, 2014. pág. 352. Vol. II.

GONZÁLEZ G., Juan C. y SORIANO R., Gregory G. 2001. *Soldadura del acero api 5l-x52 mediante el proceso Flux Cored Arc Welding (FCAW) Con transferencia pulsada*. Ingeniería Metalúrgica, Universidad Central de Venezuela. Caracas : s.n., 2001.

Hidalgo, El Sol de. 2015. Modelo estatal piloto. *El Sol de Hidalgo*. 14 de Marzo de 2015.

INDURA S.A. 2013. *Manual de Sietmas y Materiales de Soldadura*. Cerrillos : Ograma, 2013.

JEFFUS, Larry. 2009. *Soldadura: Principios y aplicaciones*. Quinta. Madrid : Ediciones Paraninfo, 2009. ISBN: 978-1-40181-0467.

KALPAKJIAN, Serope y SCHMID, Steven R. 2008. *Manufactura, ingeniería y tecnología*. [ed.] Luis Miguel Castillo Cruz. Quinta. Naucalpan de Juárez : PEARSON EDUCACIÓN, 2008. pág. 1328. ISBN: 978-970-26-1026-7.

MAURY RAMÍREZ, Heriberto, NIEBLES NÚÑEZ, Enrique Esteban y TORRES SALCEDO, Jaime. 2009. *Diseño para la fabricación y ensamble de productos soldados. Un enfoque metodológico y tecnológico*. Barranquilla : Edicione UNINORTE, 2009. pág. 298. ISBN: 978-958-8252-74-2.

Oficina Internacional de Trabajo. 1996. *Introducción al Estudio del Trabajo*. Cuarta (revisada). Ginebra : OIT, 1996. ISBN 92-2-307108-9.

PAREDES VERDUGA, Joffre Jose. 2005. *Analisis y estudio para desarrollo de una guía de practicas para el laboratorio de ingenieria en soldadura de la fimcp ESPOL de acuerdo con normas aplicables*. Escuela Superior Politécnica del Litoral. Guayaquil : s.n., 2005. Tesis.

RODRIGUEZ OJEDA, Luis. 2007. *Probabilidad y Estadística Básica para Ingenieros*. [ed.] Instituto de Ciencia Matemáticas. Guayaquil : Escuela Superior Politécnica del Litoral, 2007. ISBN: 978-9942-922-02-1.

SCHEY, John A. 2002. *Procesos de Manufactura*. [trad.] Javier León Cárdenas. Tercera. Delegación Cuautémoc : McGraw-Hill/Interamericana Editores S.A., 2002. ISBN-13: 978-970-10-3573-3.

SOLDEXA. 2010. *Manual de Soldadura*. Séptima edición. Lima : s.n., 2010.

Study of welding productivity for MILA 46100 steel weldments produced using GMAW and SMAW. **MAZUERA ROBLEDA, David, SUÁREZ GÓMEZ, John Alberto y**

GIRALDO BARRADA, Jorge Enrique. 2011. [ed.] Grupo de Soldadura. N° 59, Medellín : s.n., Julio/Setiembre de 2011, Revista Facultad de Ingeniería Universidad de Antioquía. ISSN: 0120-6230.

SWITCHING FROM SMAW TO SELF-SHIELDED FCAW? **Fabricators & Manufacturers Association, International®. 2013.** 6, Rockford : Practical Welding Today®, Noviembre/Diciembre de 2013, Practical Welding Today®, Vol. 17.




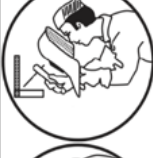
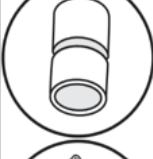
VILCHEZ AQUINO, Joel Ernesto. 2014. *Mejora del proceso productivo en la fabricación de ductos de acero ASTM-A709 en un planta industrial, comparando procesos de soldadura SMAW y FCAW.* Facultad de Ingeniería Mecánica, Universidad Nacional de Ingeniería. Lima : s.n., 2014. Tesis.

FIGURAS

- [1] - **Kalpakjian, Serope y Schmid, Steven R. 2008.** *Manufactura, ingeniería y tecnología.* [ed.] Luis Miguel Castillo Cruz. Quinta Edición. Naucalpan de Juárez : PEARSON EDUCACIÓN, 2008. pág. 1328. ISBN: 978-970-26-1026-7.
- [2] - **Hernández, Germán, 2006.** *Manual del soldador.* Decimoquinta edición. Madrid CESOL
- [3] - **Jeffus, Larry. 2009.** *Soldadura: Principios y aplicaciones.* Quinta Edición. Madrid : Ediciones Paraninfo, 2009. ISBN: 978-1-40181-0467.
- [4] - **Maury Ramírez, Heriberto, Niebles Núñez, Enrique Esteban y Jaime, Torres Salcedo. 2009.** *Diseño para la fabricación y ensamble de productos soldados. Un enfoque metodológico y tecnológico.* Barranquilla : Ediciones UNINORTE, 2009. pág. 298. ISBN: 978-958-8252-74-2.
- [5] - **Schey, John A. 2002.** *Procesos de Manufactura.* [trad.] Javier León Cárdenas. Tercera. Delegación Cuautémoc : McGraw-Hill/Interamericana Editores S.A., 2002. ISBN-13: 978-970-10-3573-3.
- [6] - *Study of welding productivity for MIL A 46100 steel weldments produced using GMAW and SMAW.* **Mazuera Robleda, David, Suárez Gómez, John Alberto y Giraldo Barrada, Jorge Enrique. 2011.** [ed.] Grupo de Soldadura. N° 59, Medellín : s.n., Julio/Setiembre de 2011, Revista Facultad de Ingeniería Universidad de Antioquía. ISSN: 0120-6230.
- [7] - **INDURA S.A. 2013.** *Manual de Sistemas y Materiales de Soldadura.* Cerrillos : Ograma, 2013.













ANEXOS

Anexo 1: Instrumento - Ficha de observación

PROCESO DE SOLDADURA														
POSICIÓN	    					FCAW								
	SMAW					FCAW								
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5				
VARIABLES	E6010	E6011	E6013	E7018	E71T-1C	Ø	Ø	Ø	Ø	Ø	Ø	Ø	Ø	Ø
Parámetros registrados del procedimiento														
Aporte [Nombre Comercial]	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
Diámetro del electrodo [mm]	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
Longitud del electrodo [mm]	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
Polaridad	DCEP	DCEP	DCEN	DCEP	DCEP	---	---	---	---	---	---	---	---	---
Voltaje	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
Intensidad de corriente [A]	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
Velocidad de aplicación [mm/min]	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
Protección Gaseosa	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	---	---	---	---	---	---	---	---	---
Flujo de gas [L/min]	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	---	---	---	---	---	---	---	---	---
Nº de Pases	1	1	1	1	1	---	---	---	---	---	---	---	---	---
Abertura de raíz [mm]	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
Parámetros para cálculo de indicadores														
Peso material consumido [g]	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
Peso material depositado [g]	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
Peso de colillas [g]	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
Tiempo de finalización de la junta [min]	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
Tiempo de arco [min]	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
Tiempos muertos [min]	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
Indicadores de Productividad														
Eficiencia de deposición [%]	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
Eficiencia de deposición sin considerar colillas [%]	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
Eficiencia de deposición considerando colillas [%]	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
Tasa de deposición [kg/h]	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
Factor de Operación [%]	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---













FICHA DE OBSERVACIÓN: Parámetros de Soldadura e Indicadores de Productividad (Study of welding productivity for MIL A 46100 steel weldments produced using GMAW and SMAW, 2011)

Anexo 2: Diagrama de análisis de proceso SMAW

DIAGRAMA DE ACTIVIDADES DE FABRICACIÓN DE TANQUE DE ALMACENAMIENTO											
LUGAR	PLANTA PESQUERA (CLIENTE)				HOJA	1	RESUMEN				
DEPARTAMENTO	PRODUCCIÓN				ELABORADO	R. Osorio B.		OPERACIÓN	117		
PRODUCTO	TANQUE DE AGUA Ø 4500mm x 7500mm				FECHA	11/06/2018		TRANSPORTE	2		
OPERACIÓN	Armado y Soldadura de Tanque				APROBADO	E. Osorio V.		INSPECCIÓN	2		
								DEMORA	0		
								ALMACENAMIENTO	1		
								OPERACIÓN/INSPECCIÓN	0		
							DISTANCIA HORIZONTAL		N.A		
							TIEMPO (Horas)		201.66		
ITEM	DESCRIPCIÓN	DISTANCIA RECORRIDA	TIEMPO DE SMAW (min)	VALORES	SÍMBOLO						OBSERVACIÓN
											
1	Armado de secciones diversas		169:08	Arma							
2	Soldado de secciones de corona (1G)		08:36	Sold							
3	Soldado de secciones de desfogue (1G)		30:58	Sold							Unión de codos en tubo Ø4" SCH 80
4	Soldado de secciones de carga (1G)		15:03	Sold							Unión de brida en tubo Ø4" SCH 80
5	Soldado de secciones de descarga (1G)		15:03	Sold							Unión de brida en tubo Ø4" SCH 80
6	Soldado de cuello de manhole superior (1G)		10:45	Sold							Unión de plancha rolada
7	Soldado de brida en cuello de manhole superior (2F)		55:41	Sold							
8	Soldado de secciones de tapa bridada superior (1G)		43:01	Sold							
9	Soldado de secciones de placa refuerzo superior (1G)		25:49	Sold							
10	Soldado de cuello de manhole inferior (1G)		08:36	Sold							Unión de plancha rolada
11	Soldado de brida en cuello de manhole inferior (2F)		55:41	Sold							
12	Soldado de secciones de tapa bridada inferior (1G)		43:01	Sold							
13	Soldado de secciones de placa refuerzo inferior (1G)		64:32	Sold							
14	Soldado de azas en tapa bridada superior (2F)		02:54	Sold							Unión de dos azas en tapa bridada
15	Soldado de azas en tapa bridada inferior (2F)		02:54	Sold							Unión de dos azas en tapa bridada
16	Habilitado de máquinas y herramientas		210:00	Habi							Preparación de equipos
17	Carga de materiales y herramientas		210:00	Carg							
18	Traslado de materiales y herramientas a zona de trabajo		120:00	Tras							
19	Descarga y apilamiento de materiales y herramientas		240:00	Desc							
20	Instalación de máquinas y herramientas		60:00	Inst							Instalación eléctrica y preparación de equipos
21	Armado de secciones de piso		240:18	Arma							
22	Soldado de secciones de piso (2F)		217:30	Sold							Planchas metálicas traslapadas
23	Soldado de piso con anillo en concreto (2F)		217:30	Sold							Unión sobre anillo metálico incrustado en losa
24	Armado de postes porta techos		24:02	Arma							
25	Soldado de postes porta techos (2F)		43:30	Sold							Maniobras para elevación y descenso de anillos
26	Armado de topes de anillo		09:21	Arma							
27	Soldado de topes de anillo (2F)		14:30	Sold							Maniobras para elevación y descenso de anillos
28	Armado de anillo I		41:03	Arma							
29	Soldado de secciones de anillo I (3G)		257:05	Sold							
30	Armado de peldaños de escalera de gato		23:13	Arma							
31	Soldado de peldaños de escalera de gato (3F)		40:29	Sold							Seis peldaños por anillo
32	Armado de anillo rigidizador		218:52	Arma							
33	Soldado de secciones de anillo rigidizador (1G-3G)		31:03	Sold							
34	Soldado de anillo rigidizador en anillo I (2F-4F)		439:23	Sold							
35	Armado de placa base de mástil en piso		17:41	Arma							


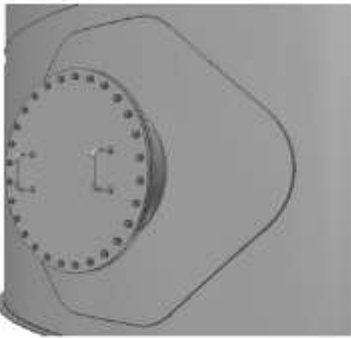


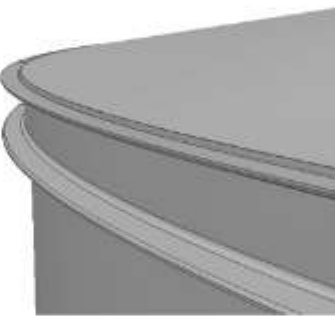

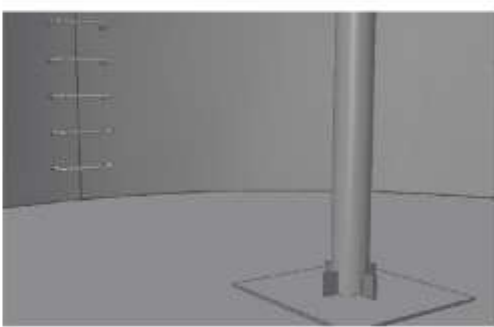

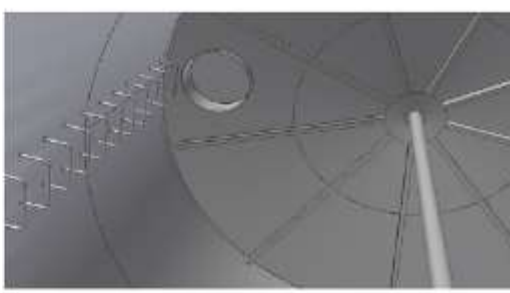
88	Armado de anillo III y IV	104:00	Arma							
89	Soldado de anillo III y IV (2G)	747:41	Sold							
90	Armado de peldaños de escalera de gato	23:13	Arma							
91	Soldado de peldaños de escalera de gato (3F)	40:29	Sold							Seis peldaños por anillo
92	Elevación de anillo IV	20:00	Elev							Con tecles manuales
93	Armado de anillo V	41:03	Arma							
94	Soldado de secciones de anillo V (3G)	257:05	Sold							
95	Descenso de anillo IV	05:00	Desc							Con tecles manuales
96	Armado de anillo IV y V	104:00	Arma							
97	Soldado de anillo IV y V (2G)	747:41	Sold							
98	Armado de peldaños de escalera de gato	23:13	Arma							
99	Soldado de peldaños de escalera de gato (3F)	40:29	Sold							Seis peldaños por anillo
100	Elevación y descenso de anillo V	03:00	Elev							Con tecles manuales
101	Armado de anillo V con piso	98:01	Arma							
102	Soldado de anillo V con piso (2F)	410:21	Sold							
103	Armado de placa refuerzo de descarga	04:35	Arma							
104	Armado de descarga	03:28	Arma							
105	Soldado de placa refuerzo de descarga (3F)	07:25	Sold							Unión sobre anillo V
106	Soldado de descarga (3F)	05:54	Sold							Unión sobre placa refuerzo de descarga
107	Armado de placa refuerzo de manhole inferior	58:25	Arma							
108	Soldado de placa refuerzo de manhole inferior (5G)	81:45	Sold							Unión con anillo V (interior)
109	Armado de manhole inferior	35:09	Arma							
110	Soldado de placa refuerzo de manhole inferior (2F-3F-4F)	68:40	Sold							Unión sobre anillo V (exterior)
111	Soldado de manhole inferior con anillo V (2F-3F-4F)	31:05	Sold							Unión con anillo V (interior)
112	Soldado de manhole inferior con placa refuerzo (2F-3F-4F)	31:05	Sold							Unión sobre placa refuerzo (exterior)
113	Ensamblaje de elementos (manhole superior e inferior)	60:00	Ensa							
114	Inspección de trabajo para entrega	100:00	Insp							
115	Pintado de secciones por retocar	200:00	Pint							
116	Inspección de trabajo por cliente	120:00	Insp							Tras prueba hidrostática de estanqueidad en día no laborable
117	Apilamiento y carga de materiales y herramientas	180:00	Apil							
118	Traslado de materiales y herramientas a taller	120:00	Tras							
119	Descarga de mermas y herramientas	90:00	Desc							
120	Almacenaje de mermas y herramientas en taller	90:00	Alma							
	TOTAL (MINUTOS)	12099:20								
121	Cambio de alambre	00:00	Camb							Tiempo correspondiente a seis cambios de rollos
122	Cambio de gas	00:00	Camb							Tiempo correspondiente a tres cambios de cilindros
	TIEMPO TOTAL (MINUTOS)	12099:20								


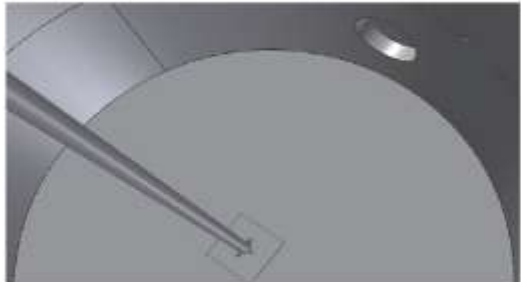

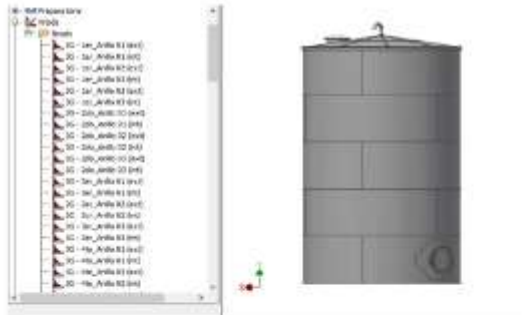

Anexo 3: Diagrama de análisis de proceso FCAW

DIAGRAMA DE ACTIVIDADES DE FABRICACION DE TANQUE DE ALMACENAMIENTO											
LUGAR		PLANTA PESQUERA (CLIENTE)			HOJA		1		RESUMEN		
DEPARTAMENTO		PRODUCCIÓN			ELABORADO		R. Osorio B.			OPERACIÓN	117
PRODUCTO		TANQUE DE AGUA Ø 4500mm x 7500mm			FECHA		11/06/2018			TRANSPORTE	2
OPERACIÓN		Armado y Soldadura de Tanque			APROBADO		E. Osorio V.			INSPECCIÓN	2
										DEMORA	0
										ALMACENAMIENTO	1
										OPERACIÓN/INSPECCIÓN	0
									DISTANCIA HORIZONTAL		N.A.
									TIEMPO (Horas)		128.88
ITEM	DESCRIPCIÓN	DISTANCIA RECORRIDA	TIEMPO DE FCAW (min)	VALORES							OBSERVACIÓN
1	Armado de secciones diversas		155:52	Arma							
2	Soldado de secciones de corona (1G)		02:40	Sold							
3	Soldado de secciones de desfogue (1G)		09:36	Sold							Unión de codos en tubo Ø4" SCH 80
4	Soldado de secciones de carga (1G)		04:40	Sold							Unión de brida en tubo Ø4" SCH 80
5	Soldado de secciones de descarga (1G)		04:40	Sold							Unión de brida en tubo Ø4" SCH 80
6	Soldado de cuello de manhole superior (1G)		03:20	Sold							Unión de plancha rolada
7	Soldado de brida en cuello de manhole superior (2F)		17:38	Sold							
8	Soldado de secciones de tapa bridada superior (1G)		13:20	Sold							
9	Soldado de secciones de placa refuerzo superior (1G)		08:00	Sold							
10	Soldado de cuello de manhole inferior (1G)		02:40	Sold							Unión de plancha rolada
11	Soldado de brida en cuello de manhole inferior (2F)		17:38	Sold							
12	Soldado de secciones de tapa bridada inferior (1G)		13:20	Sold							
13	Soldado de secciones de placa refuerzo inferior (1G)		20:01	Sold							
14	Soldado de azas en tapa bridada superior (2F)		00:55	Sold							Unión de dos azas en tapa bridada
15	Soldado de azas en tapa bridada inferior (2F)		00:55	Sold							Unión de dos azas en tapa bridada
16	Habilitado de máquinas y herramientas		210:00	Habi							Preparación de equipos
17	Carga de materiales y herramientas		210:00	Carg							
18	Traslado de materiales y herramientas a zona de trabajo		120:00	Tras							
19	Descarga y apilamiento de materiales y herramientas		240:00	Desc							
20	Instalación de máquinas y herramientas		60:00	Inst							Instalación eléctrica y preparación de equipos
21	Armado de secciones de piso		212:22	Arma							
22	Soldado de secciones de piso (2F)		68:52	Sold							Planchas metálicas traslapadas
23	Soldado de piso con anillo en concreto (2F)		68:52	Sold							Unión sobre anillo metálico incrustado en losa
24	Armado de postes porta techos		21:14	Arma							
25	Soldado de postes porta techos (2F)		13:46	Sold							Maniobras para elevación y descenso de anillos
26	Armado de topes de anillo		08:25	Arma							
27	Soldado de topes de anillo (2F)		04:35	Sold							Maniobras para elevación y descenso de anillos
28	Armado de anillo I		36:51	Arma							
29	Soldado de secciones de anillo I (3G)		180:18	Sold							
30	Armado de peldaños de escalera de gato		20:59	Arma							
31	Soldado de peldaños de escalera de gato (3F)		12:25	Sold							Seis peldaños por anillo
32	Armado de anillo rigidizador		191:55	Arma							
33	Soldado de secciones de anillo rigidizador (1G-3G)		16:33	Sold							
34	Soldado de anillo rigidizador en anillo I (2F-4F)		132:46	Sold							
35	Armado de placa base de mástil en piso		15:49	Arma							




88	Armado de anillo III y IV	90:50	Arma							
89	Soldeo de anillo III y IV (2G)	422:22	Sold							
90	Armado de peldaños de escalera de gato	20:59	Arma							
91	Soldeo de peldaños de escalera de gato (3F)	12:25	Sold							Seis peldaños por anillo
92	Elevación de anillo IV	20:00	Elev							Con tecles manuales
93	Armado de anillo V	36:51	Arma							
94	Soldeo de secciones de anillo V (3G)	180:18	Sold							
95	Descenso de anillo IV	05:00	Desc							Con tecles manuales
96	Armado de anillo IV y V	90:50	Arma							
97	Soldeo de anillo IV y V (2G)	422:22	Sold							
98	Armado de peldaños de escalera de gato	20:59	Arma							
99	Soldeo de peldaños de escalera de gato (3F)	12:25	Sold							Seis peldaños por anillo
100	Elevación y descenso de anillo V	03:00	Elev							Con tecles manuales
101	Armado de anillo V con piso	71:40	Arma							
102	Soldeo de anillo V con piso (2F)	129:57	Sold							
103	Armado de placa refuerzo de descarga	04:11	Arma							
104	Armado de descarga	03:09	Arma							
105	Soldeo de placa refuerzo de descarga (3F)	02:17	Sold							Unión sobre anillo V
106	Soldeo de descarga (3F)	01:49	Sold							Unión sobre placa refuerzo de descarga
107	Armado de placa refuerzo de manhole inferior	52:35	Arma							
108	Soldeo de placa refuerzo de manhole inferior (5G)	32:18	Sold							Unión con anillo V (interior)
109	Armado de manhole inferior	31:35	Arma							
110	Soldeo de placa refuerzo de manhole inferior (2F-3F-4F)	20:49	Sold							Unión sobre anillo V (exterior)
111	Soldeo de manhole inferior con anillo V (2F-3F-4F)	09:28	Sold							Unión con anillo V (interior)
112	Soldeo de manhole inferior con placa refuerzo (2F-3F-4F)	09:28	Sold							Unión sobre placa refuerzo (exterior)
113	Ensamblaje de elementos (manhole superior e inferior)	60:00	Ensa							
114	Inspección de trabajo para entrega	100:00	Insp							
115	Pintado de secciones por retocar	200:00	Pint							
116	Inspección de trabajo por cliente	120:00	Insp							Tras prueba hidrostática de estanqueidad en día no laborable
117	Apilamiento y carga de materiales y herramientas	180:00	Apil							
118	Traslado de materiales y herramientas a taller	120:00	Tras							
119	Descarga de mermas y herramientas	90:00	Desc							
120	Almacenaje de mermas y herramientas en taller	90:00	Alma							
	TOTAL (MINUTOS)	7656:31								
121	Cambio de alambre	43:30	Camb							Tiempo correspondiente a seis cambios de rollos
122	Cambio de gas	32:37	Camb							Tiempo correspondiente a tres cambios de cilindros
	TIEMPO TOTAL (MINUTOS)	7732:38								

Anexo 4: Photo panel - Diseño de tanque de almacenamiento

		PHOTO PANEL DISEÑO DE TANQUE DE ALMACENAMIENTO EN SOFTWARE AUTODESK INVENTOR 2016			
FECHA:		28/04/2018	Elaboración:	Richard Osorio Bustamante	N° hoja: 1 / 2
					
MANHOLE DE CUERPO		MANHOLE DE TECHO			
					
DESFOQUE DE GASES		ANILLO RIGIDIZADOR			
					
TRASLAPE DE PLANCHA DE TECHO (INCLINACIÓN DE 9.5°)		MÁSTIL DE TANQUE CON SOBRELANCHA			
					
ESCALERA DE GATO INTERIOR Y VIGAS RIGIDIZADORAS		ESCALERA DE GATO INTERIOR, MANHOLE DE TECHO, TECHO, VIGAS RIGIDIZADORAS, CORONA Y MÁSTIL			

	PHOTO PANEL DISEÑO DE TANQUE DE ALMACENAMIENTO EN SOFTWARE AUTODESK INVENTOR 2016			
	FECHA:	28/04/2018	Elaboración:	Richard Osorio Bustamante
				Nº hoja : 2 / 2
 <p>FONDO DE TANQUE, MÁSTIL Y MANHOLE DE CUERPO</p>	 <p>TANQUE VERTICAL</p>			
 <p>SCREENSHOT DE TANQUE VERTICAL CON ALGUNOS CORDONES DE SOLDADURA GENERADOS EN EL PROGRAMA</p>	 <p>EMPAQUETADURA DE MANHOLE</p>			

Anexo 5: Photo panel - Evaluación de procesos de soldadura

		PHOTO PANEL ESTUDIO DE TIEMPOS DE PROCESOS DE SOLDADURA SMAW Y FCAW		
FECHA:		20/04/2018	Elaboración:	Richard Osorio Bustamante
			Nº hoja :	1 / 4
				
HABILITADO DE PLATINAS		HABILITADO DE PLATINAS		
				
HABILITADO DE PLATINAS		USO DE BALANZA Y VERIFICACIÓN DE PESOS HOMOGÉNEOS EN TODS LAS PLATINAS		
				
CONTROL DE PESOS DE PRESENTACION COMERCIAL DE ELECTRODOS DE SOLDADURA		CONTROL DE PESOS UNITARIOS DE ELECTRODOS DE SOLDADURA		
				
PREPARACIÓN DE PROBETAS DE SOLDADURA		MÁQUINA DE SOLDAR MULTIPROCESO (CAPAZ DE REALIZAR SMAW, GMAW, FCAW Y GTAW)		



CONTROL DE PESOS DE CARRETE DE SOLDADURA LLENO



CONTROL DE PESOS DE CARRETE DE SOLDADURA VACÍO



TOMA DE TIEMPO DE CAMBIO DE CARRETE DE SOLDADURA



TOMA DE TIEMPO DE CAMBIO DE CARRETE DE SOLDADURA



CONTROL DE PESOS DE PORTA CARRETE PARA PROCESO FCAW


 CONTROL DE PÉRDIDA DE PESOS DURANTE
PROCESO DE SOLDADURA FCAW


TOMA DE TIEMPO DE CAMBIO DE BALÓN DE CO2


 CONTROL DE PÉRDIDA DE LITROS
EN BALÓN DE CO2



PROCESO SMAW 2G



PROCESO FCAW 3G



PROCESO FCAW 2G VS PROCESO SMAW 2G



PROCESO FCAW 2G VS PROCESO SMAW 2G



PROCESO SMAW 2F VS PROCESO FCAW 2F



PROCESO SMAW 4F VS PROCESO FCAW 4F



PROCESO SMAW 2F



PROCESO SMAW 1G

	PHOTO PANEL			
	ESTUDIO DE TIEMPOS DE PROCESOS DE SOLDADURA SMAW Y FCAW			
	FECHA: 20/04/2018	Elaboración: Richard Osorio Bustamante	Nº hoja : 4 / 4	
	TOMA DE TIEMPO DE BISELADO DE PROBETAS			
	TOMA DE TIEMPO DE BISELADO DE PROBETAS			
	TOMA DE TIEMPO DE BISELADO DE PROBETAS			
	PROCESO FCAW 4F			
	PROCESO FCAW 1G VS PROCESO SMAW 1G			
	PROCESO SMAW 4F			
	TOMA DE TIEMPO DE LIMPIEZA			
	CONTROL DE PÉRDIDA DE LITROS DE CO2			

Anexo 6: Descripciones generales de espesores y parámetros de soldadura

Tabla 4: Espesores placas metálicas de anillos de tanque de almacenamiento

ANILLOS	ESPESOR	ESPESOR	ESPESOR	ESPESOR
	MÍNIMO (plg)	MÍNIMO (mm)	ADOPTADO (plg)	ADOPTADO (mm)
1ro.	0,199	5,050	0,250	6,000
2do.	0,171	4,340	0,250	6,000
3ro.	0,171	4,340	0,250	6,000
4to.	0,171	4,340	0,250	6,000
5to.	0,171	4,340	0,250	6,000

Tabla 5: Parámetros del procedimiento de soldadura con proceso SMAW

PARÁMETRO REGISTRADOS DEL WPS	PROCESO DE SOLDADURA	
	Proceso de soldadura	SMAW
	Tipo	Manual
	DISEÑO DE JUNTA	
	Tipo	Junta a tope - bisel doble V
	Soldado	Por ambos lados
	Respaldo (Backing)	No
	Abertura de raíz	0-3mm
	Tamaño de talón	0-3mm
	Ángulo de ranura	60°
	METAL BASE	
	Especificación ASTM	A 36
	Grado	50
	Espesor	$6 \leq T(\text{mm}) \leq 8$
	METAL DE APORTE	
	Especificación AWS	A 5.1
	Clasificación AWS	E 6011 - E 7018
	Nombre comercial del electrodo	Gricon 290 - Gricon 15
	Diámetro del electrodo	1/8"
	POSICIÓN	
	Ranura	Plano

Tabla 6: Parámetros del procedimiento de soldadura con proceso FCAW

PARÁMETRO REGISTRADOS DEL WPS	PROCESO DE SOLDADURA	
	Proceso de soldadura	FCAW
	Tipo	Semiautomático
	DISEÑO DE JUNTA	
	Tipo	Junta a tope - bisel doble V
	Soldado	Por ambos lados
	Respaldo (Backing)	No
	Abertura de raíz	0-3mm
	Tamaño de talón	0-3mm
	Ángulo de ranura	60°
	METAL BASE	
	Especificación ASTM	A 36
	Grado	50
	Espesor	$6 \leq T(\text{mm}) \leq 8$
	METAL DE APORTE	
	Especificación AWS	A 5.20
	Clasificación AWS	E 71T-1C
	Nombre comercial del electrodo	Primacore 71
	Diámetro del electrodo	1.2mm
	PROTECCIÓN	
	Gas	100% CO ₂
	Velocidad de flujo	25 L/min
	POSICIÓN	
	Ranura	Plano

Anexo 7: Tiempos observados tras prueba piloto

El tiempo de soldadura en las placas metálicas ha sido un tema de preocupación constante durante las últimas décadas. Hoy en día, hay todo tipo de procesos de soldadura que garantizan que los tiempos de soldadura que demanden la unión de juntas en placas metálicas no sean tan excesivos.

Para determinados procesos de soldadura y tipos de posiciones de soldadura diferentes, presentes en la fabricación de un tanque de almacenamiento, se obtuvieron los siguientes resultados en pruebas pilotos con las mismas características:

Tabla 7: Tiempos observados tras prueba piloto

POSICIÓN	PROCESO	TIPO CONSUMIBLE		TIEMPO OBSERVADO				
		ELECTRODO	DIÁMETRO	T1	T2	T3	T4	T5
2F	SMAW	E6011	1/8"	1.30	1.24	1.36	1.28	1.23
		E7018	1/8"	3.37	3.82	3.45	3.96	3.98
	FCAW	E71T-1C	1.2mm	1.48	1.71	1.48	1.50	1.72
3F	SMAW	E6011	1/8"	1.80	1.69	1.61	1.67	1.74
		E7018	1/8"	4.16	3.91	4.18	4.08	4.25
	FCAW	E71T-1C	1.2mm	1.93	1.65	1.85	1.75	1.74
4F	SMAW	E6011	1/8"	1.58	1.70	1.55	1.79	1.63
		E7018	1/8"	3.71	4.11	3.78	4.34	4.31
	FCAW	E71T-1C	1.2mm	1.49	1.69	1.65	1.72	1.69
1G	SMAW	E6011	1/8"	4.48	4.33	4.06	4.20	4.35
		E7018	1/8"	9.91	10.17	10.44	11.01	11.20
	FCAW	E71T-1C	1.2mm	4.46	4.51	4.74	5.03	4.25
2G	SMAW	E6011	1/8"	5.61	5.30	5.37	4.88	5.92
		E7018	1/8"	12.44	13.33	12.28	13.74	12.30
	FCAW	E71T-1C	1.2mm	9.45	9.79	10.82	10.93	10.49
3G	SMAW	E6011	1/8"	5.74	5.47	5.67	5.37	5.41
		E7018	1/8"	14.22	13.77	14.49	13.04	15.34
	FCAW	E71T-1C	1.2mm	14.10	13.34	12.66	14.78	14.22
5G	SMAW	E6011	1/8"	7.24	7.07	6.68	7.78	7.32
		E7018	1/8"	6.81	7.57	8.14	6.87	7.94
	FCAW	E71T-1C	1.2mm	5.39	5.87	6.15	5.88	5.69

Anexo 8: Análisis de varianza y Prueba de Hipótesis - Tiempos observados según posición con SMAW

Nuestro objetivo fue determinar si las medias obtenidas con cada tipo de posición son aproximadamente iguales (es decir, pretendemos saber si hay o no diferencias significativas entre las posiciones a la hora de determinar los tiempos de soldadura empleados de una determinada prueba).

Para ello, de acuerdo con (RODRIGUEZ OJEDA, 2007), se tiene que:

Variación Total: Es la variación total combinada de las observaciones de todos los tratamientos con respecto a la media general.

Media muestral general:
$$\bar{\bar{X}} = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^k \sum_{i=1}^{n_j} X_{i,j}$$

Variación total:
$$SCT = \sum_{j=1}^k \sum_{i=1}^{n_j} (X_{i,j} - \bar{\bar{X}})^2$$

Variación de tratamientos: Es la variación atribuida a los efectos de los tratamientos.

Media muestral del tratamiento:
$$j: \bar{X}_j = \frac{1}{n_j} \sum_{i=1}^{n_j} X_{i,j}$$

Variación de tratamientos:
$$SCTr = \sum_{j=1}^k n_j (\bar{X}_j - \bar{\bar{X}})^2$$

Variación aleatoria o error: Es la variación dentro de cada tratamiento debido a errores en el experimento.

Variación aleatoria o error:
$$SCE = SCT - SCTr$$

La ecuación $SCT = SCTr + SCE$ separa la variación total en dos componentes: el primero corresponde a la variación atribuida a los tratamientos y el segundo es la variación atribuida a la aleatoriedad o errores del experimento.

Tras seleccionar el proceso de soldadura SMAW y siete tipos de posiciones de soldadura diferentes, hemos evaluado el tiempo empleado en cinco pruebas piloto de soldadura con cada tipo de posición. Al finalizar las treinta y cinco pruebas piloto se obtuvieron los siguientes resultados:

Tabla 8: Cálculo de las diferencias de tiempos observados tras prueba piloto - SMAW

	SMAW - Tiempo (min)													
N° Patrón	2F	3F	4F	1G	2G	3G	5G	$(X_{i,j} - \bar{X})^2$						
	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6	X_7	$(X_{1,j} - \bar{X})^2$	$(X_{2,j} - \bar{X})^2$	$(X_{3,j} - \bar{X})^2$	$(X_{4,j} - \bar{X})^2$	$(X_{5,j} - \bar{X})^2$	$(X_{6,j} - \bar{X})^2$	$(X_{7,j} - \bar{X})^2$
1	4.67	5.96	5.29	14.39	18.05	19.96	14.05	53.66	36.42	44.96	5.73	36.66	63.44	4.22
2	5.06	5.60	5.81	14.50	18.63	19.24	14.64	48.10	40.90	38.26	6.27	44.02	52.49	6.97
3	4.81	5.79	5.33	14.50	17.65	20.16	14.82	51.63	38.51	44.43	6.27	31.98	66.66	7.98
4	5.24	5.75	6.13	15.21	18.62	18.41	14.65	45.63	39.00	34.40	10.33	43.89	41.15	7.05
5	5.21	5.99	5.94	15.55	18.22	20.75	15.26	46.04	36.06	36.67	12.64	38.75	76.65	10.66
TOTAL	24.99	29.09	28.50	74.15	91.17	98.52	73.42	245.06	190.90	198.71	41.25	195.29	300.38	36.87
PROMEDIO	5.00	5.82	5.70	14.83	18.23	19.70	14.68							
$(\bar{X}_j - \bar{X})^2$	48.96	38.16	39.63	8.04	38.92	59.42	7.22							

Dado que la comparación de las medias muestrales se basa en las varianzas muestrales, se elaboró la siguiente tabla de datos y definiciones con la finalidad de a posteriori, tras elaborar, analizar la tabla de análisis de varianza (ANOVA):

Tabla 9: Definiciones y datos estadísticos de tiempos observados tras prueba piloto - SMAW

k	Número de tratamientos	7
n	Número total de observaciones en todos los tratamientos combinados	5
n_j	Número total de observaciones en cada tratamiento	35
$X_{i,j}$	Es la i-esima observación de tratamiento j	419.84
\bar{X}_j	Media muestral del tratamiento j (incluye las observaciones de cada tratamiento)	Cada media
\bar{X}	Media muestral general (incluye a todas las observaciones de todos los tratamientos)	11.995
α	Nivel de significancia	0.05
$v_1 = k-1$	Variación atribuida a los tratamientos	6
$v_2 = n-k$	Variación atribuida a los aleatoriedad o errores del experimento	28

Prueba de la hipótesis para el indicador cuantitativo medias de tiempos empleados en pruebas piloto según posición con el proceso SMAW:

A) Hipótesis estadísticas:

Hipótesis nula H_0 : Las medias de tiempos empleados en pruebas piloto según posición con el proceso SMAW, son iguales.

$$H_0: \mu_1 = \mu_2 = \dots = \mu_k$$

Hipótesis alternativa H_a : Las medias de tiempos empleados en pruebas piloto según posición con el proceso SMAW, al menos en dos paralelos son diferentes.

$$H_a: \neg H_0$$

B) Nivel de significancia:

El nivel de significancia (α) escogido para la prueba de la hipótesis es del 5%.

C) Estadístico de prueba:

Siendo $\alpha = 0.05$ (nivel de significancia), se eligió el estadístico de prueba:

Distribución F con $v_1 = k - 1, v_2 = n - k$

$$F_{\alpha, v_1, v_2} = F_{0.05, 6, 28} = 2.4453$$

Región de rechazo: Rechazar H_0 si $F_o > 2.4453$

D) Calcular F_o :

Todos los resultados obtenidos se los ordena en la siguiente tabla ANOVA:

Tabla 10: Tabla ANOVA de comparación simultánea - Tiempos observados con SMAW

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados		Cuadrados medios		F_o	
Tratamiento	$k - 1$	SCTr	1201.78	$SCTr/(k - 1)$	200.30	$[SCTr/(k - 1)] / [SCE/(n - k)]$	839.47
Aleatoria o error	$n - k$	SCE	6.68	$SCE/(n - k)$	0.24		
Total	$n - 1$	SCT	1208.46				

E) Decisión:

F_o cae en la región de rechazo. Por lo tanto, se rechaza la hipótesis de que las medias de tiempos empleados en pruebas piloto según posición con el proceso SMAW, son iguales. (Ver en Anexos, Figura 29)

Anexo 9: Análisis de varianza y Prueba de Hipótesis - Tiempos observados según posición con FCAW

Nuestro objetivo fue determinar si las medias obtenidas con cada tipo de posición son aproximadamente iguales (es decir, pretendemos saber si hay o no diferencias significativas entre las posiciones a la hora de determinar los tiempos de soldadura empleados de una determinada prueba).

Para ello, de acuerdo con (RODRIGUEZ OJEDA, 2007), se tiene que:

Variación Total: Es la variación total combinada de las observaciones de todos los tratamientos con respecto a la media general.

Media muestral general:
$$\bar{\bar{X}} = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^k \sum_{i=1}^{n_j} X_{i,j}$$

Variación total:
$$SCT = \sum_{j=1}^k \sum_{i=1}^{n_j} (X_{i,j} - \bar{\bar{X}})^2$$

Variación de tratamientos: Es la variación atribuida a los efectos de los tratamientos.

Media muestral del tratamiento:
$$j: \bar{X}_j = \frac{1}{n_j} \sum_{i=1}^{n_j} X_{i,j}$$

Variación de tratamientos:
$$SCTr = \sum_{j=1}^k n_j (\bar{X}_j - \bar{\bar{X}})^2$$

Variación aleatoria o error: Es la variación dentro de cada tratamiento debido a errores en el experimento.

Variación aleatoria o error:
$$SCE = SCT - SCTr$$

La ecuación $SCT = SCTr + SCE$ separa la variación total en dos componentes: el primero corresponde a la variación atribuida a los tratamientos y el segundo es la variación atribuida a la aleatoriedad o errores del experimento.

Tras seleccionar el proceso de soldadura FCAW y siete tipos de posiciones de soldadura diferentes, hemos evaluado el tiempo empleado en cinco pruebas piloto de soldadura con cada tipo de posición. Al finalizar las treinta y cinco pruebas piloto se obtuvieron los siguientes resultados:

Tabla 11: Cálculo de las diferencias de tiempos observados tras prueba piloto - FCAW

	FCAW - Tiempo (min)													
N° Patrón	2F	3F	4F	1G	2G	3G	5G	$(X_{i,j} - \bar{X})^2$						
	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6	X_7	$(X_{1,j} - \bar{X})^2$	$(X_{2,j} - \bar{X})^2$	$(X_{3,j} - \bar{X})^2$	$(X_{4,j} - \bar{X})^2$	$(X_{5,j} - \bar{X})^2$	$(X_{6,j} - \bar{X})^2$	$(X_{7,j} - \bar{X})^2$
1	1.48	1.93	1.49	4.46	9.45	14.10	5.39	17.35	13.81	17.27	1.41	14.47	71.47	0.07
2	1.71	1.65	1.69	4.51	9.79	13.34	5.87	15.49	15.97	15.65	1.29	17.18	59.20	0.05
3	1.48	1.85	1.65	4.74	10.82	12.66	6.15	17.35	14.41	15.97	0.82	26.77	49.20	0.25
4	1.50	1.75	1.72	5.03	10.93	14.78	5.88	17.19	15.18	15.41	0.38	27.92	83.44	0.05
5	1.72	1.74	1.69	4.25	10.49	14.22	5.69	15.41	15.25	15.65	1.95	23.47	73.52	0.00
TOTAL	7.89	8.92	8.24	22.99	51.48	69.10	28.98	82.79	74.61	79.94	5.84	109.81	336.83	0.43
PROMEDIO	1.58	1.78	1.65	4.60	10.30	13.82	5.80							
$(\bar{X}_j - \bar{X})^2$	16.55	14.91	15.98	1.10	21.63	66.82	0.02							

Dado que la comparación de las medias muestrales se basa en las varianzas muestrales, se elaboró la siguiente tabla de datos y definiciones con la finalidad de a posteriori, tras elaborar, analizar la tabla de análisis de varianza (ANOVA):

Tabla 12: Definiciones y datos estadísticos de tiempos observados tras prueba piloto - FCAW

k	Número de tratamientos	7
n	Número total de observaciones en todos los tratamientos combinados	5
n_j	Número total de observaciones en cada tratamiento	35
$X_{i,j}$	Es la i-esima observación de tratamiento j	197.60
\bar{X}_j	Media muestral del tratamiento j (incluye las observaciones de cada tratamiento)	Cada media
\bar{X}_j	Media muestral general (incluye a todas las observaciones de todos los tratamientos)	5.646
α	Nivel de significancia	0.05
$v_1 = k-1$	Variación atribuida a los tratamientos	6
$v_2 = n-k$	Variación atribuida a los aleatoriedad o errores del experimento	28

Prueba de la hipótesis para el indicador cuantitativo medias de tiempos empleados en pruebas piloto según posición con el proceso FCAW:

A) Hipótesis estadísticas:

Hipótesis nula H_0 : Las medias de tiempos empleados en pruebas piloto según posición con el proceso FCAW, son iguales.

$$H_0: \mu_1 = \mu_2 = \dots = \mu_k$$

Hipótesis alternativa H_a : Las medias de tiempos empleados en pruebas piloto según posición con el proceso FCAW, al menos en dos paralelos son diferentes.

$$H_a: \neg H_0$$

B) Nivel de significancia:

El nivel de significancia (α) escogido para la prueba de la hipótesis es del 5%.

C) Estadístico de prueba:

Siendo $\alpha = 0.05$ (nivel de significancia), se eligió el estadístico de prueba:

Distribución F con $v_1 = k - 1, v_2 = n - k$

$$F_{\alpha, v_1, v_2} = F_{0.05, 6, 28} = 2.4453$$

Región de rechazo: Rechazar H_0 si $F_0 > 2.4453$

D) Calcular F_0 :

Todos los resultados obtenidos se los ordena en la siguiente tabla ANOVA:

Tabla 13: Tabla ANOVA de comparación simultánea - Tiempos observados con FCAW

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados		Cuadrados medios		F_0	
Tratamiento	$k - 1$	SCTr	685.03	$SCTr/(k - 1)$	114.17	$[SCTr/(k - 1)] / [SCE/(n - k)]$	610.80
Aleatoria o error	$n - k$	SCE	5.23	$SCE/(n - k)$	0.19		
Total	$n - 1$	SCT	690.26				

E) Decisión:

F_0 cae en la región de rechazo. Por lo tanto, se rechaza la hipótesis de que las medias de tiempos empleados en pruebas piloto según posición con el proceso FCAW, son iguales.

(Ver en Anexos, Figura 30Figura 29)

Anexo 10: Cantidades depositadas observadas tras prueba piloto

Las cantidades de soldadura depositada en las placas metálicas ha sido un tema de preocupación constante durante las últimas décadas. Hoy en día, hay todo tipo de procesos de soldadura que garantizan que las cantidades de soldadura depositadas que demanden la unión de juntas en placas metálicas no sean tan excesivas.

Para determinados procesos de soldadura y tipos de posiciones de soldadura diferentes, presentes en la fabricación de un tanque de almacenamiento, se obtuvieron los siguientes resultados en pruebas pilotos con las mismas características:

Tabla 14: Cantidades depositadas observadas tras prueba piloto

POSICIÓN	PROCESO	TIPO CONSUMIBLE		CANTIDAD DEPOSITADA OBSERVADA				
		ELECTRODO	DIÁMETRO	C1	C2	C3	C4	C5
2F	SMAW	E6011	1/8"	35.20	34.41	36.69	33.23	37.16
		E7018	1/8"	67.72	58.44	61.73	69.78	62.53
	FCAW	E71T-1C	1.2mm	47.50	55.00	47.50	47.50	52.50
3F	SMAW	E6011	1/8"	37.43	37.90	39.90	33.35	35.63
		E7018	1/8"	77.97	67.49	69.92	65.50	73.53
	FCAW	E71T-1C	1.2mm	55.00	47.50	47.50	52.50	47.50
4F	SMAW	E6011	1/8"	35.04	37.96	36.35	37.39	39.35
		E7018	1/8"	72.33	79.64	74.49	72.60	70.40
	FCAW	E71T-1C	1.2mm	45.00	52.50	52.50	52.50	47.50
1G	SMAW	E6011	1/8"	51.90	52.50	50.82	57.36	56.98
		E7018	1/8"	148.23	170.15	158.69	166.08	152.42
	FCAW	E71T-1C	1.2mm	92.50	105.00	100.00	92.50	110.00
2G	SMAW	E6011	1/8"	61.15	73.18	68.65	68.61	61.12
		E7018	1/8"	169.76	165.55	170.15	187.02	194.22
	FCAW	E71T-1C	1.2mm	352.50	362.50	352.50	350.00	332.50
3G	SMAW	E6011	1/8"	61.26	69.68	59.58	66.14	70.42
		E7018	1/8"	223.30	226.16	235.41	201.95	219.09
	FCAW	E71T-1C	1.2mm	295.00	280.00	307.50	310.00	307.50
5G	SMAW	E6011	1/8"	86.24	82.93	83.48	86.12	86.04
		E7018	1/8"	116.75	119.82	131.45	118.36	119.53
	FCAW	E71T-1C	1.2mm	185.00	215.00	200.00	215.00	185.00

Anexo 11: Análisis de varianza y Prueba de Hipótesis – Cantidades depositadas observadas según posición con SMAW

Nuestro objetivo fue determinar si las medias obtenidas con cada tipo de posición son aproximadamente iguales (es decir, pretendemos saber si hay o no diferencias significativas entre las posiciones a la hora de determinar las cantidades de soldadura depositadas de una determinada prueba).

Para ello, de acuerdo con (RODRIGUEZ OJEDA, 2007), se tiene que:

Variación Total: Es la variación total combinada de las observaciones de todos los tratamientos con respecto a la media general.

Media muestral general:
$$\bar{\bar{X}} = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^k \sum_{i=1}^{n_j} X_{i,j}$$

Variación total:
$$SCT = \sum_{j=1}^k \sum_{i=1}^{n_j} (X_{i,j} - \bar{\bar{X}})^2$$

Variación de tratamientos: Es la variación atribuida a los efectos de los tratamientos.

Media muestral del tratamiento:
$$j: \bar{X}_j = \frac{1}{n_j} \sum_{i=1}^{n_j} X_{i,j}$$

Variación de tratamientos:
$$SCTr = \sum_{j=1}^k n_j (\bar{X}_j - \bar{\bar{X}})^2$$

Variación aleatoria o error: Es la variación dentro de cada tratamiento debido a errores en el experimento.

Variación aleatoria o error:
$$SCE = SCT - SCTr$$

La ecuación $SCT = SCTr + SCE$ separa la variación total en dos componentes: el primero corresponde a la variación atribuida a los tratamientos y el segundo es la variación atribuida a la aleatoriedad o errores del experimento.

Tras seleccionar el proceso de soldadura SMAW y siete tipos de posiciones de soldadura diferentes, hemos evaluado la cantidad de soldadura depositada en cinco pruebas piloto de soldadura con cada tipo de posición. Al finalizar las treinta y cinco pruebas piloto se obtuvieron los siguientes resultados:

Tabla 15: Cálculo de las diferencias de cantidades depositadas observadas tras prueba piloto - SMAW

	SMAW - Cantidad depositada (gr)													
N° Patrón	2F	3F	4F	1G	2G	3G	5G	$(X_{ij} - \bar{X})^2$						
	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6	X_7	$(X_{1,j} - \bar{X})^2$	$(X_{2,j} - \bar{X})^2$	$(X_{3,j} - \bar{X})^2$	$(X_{4,j} - \bar{X})^2$	$(X_{5,j} - \bar{X})^2$	$(X_{6,j} - \bar{X})^2$	$(X_{7,j} - \bar{X})^2$
1	102.92	115.40	107.37	200.13	230.91	284.56	202.99	6115.60	4319.42	5439.40	361.29	2478.82	10699.36	478.20
2	92.85	105.39	117.60	222.65	238.73	295.84	202.75	7792.00	5735.38	4035.08	1724.14	3318.07	13159.01	467.76
3	98.42	109.82	110.84	209.51	238.80	294.99	214.93	6839.67	5084.02	4939.60	805.58	3326.72	12965.86	1142.96
4	103.01	98.85	109.99	223.44	255.63	268.09	204.48	6101.53	6768.73	5059.80	1790.79	5550.65	7563.38	545.58
5	99.69	109.16	109.75	209.40	255.34	289.51	205.57	6631.22	5178.57	5094.00	799.63	5508.27	11746.81	597.69
TOTAL	496.89	538.62	555.55	1065.12	1219.40	1432.98	1030.72	33480.01	27086.11	24567.89	5481.43	20182.53	56134.42	3232.19
PROMEDIO	99.38	107.72	111.11	213.02	243.88	286.60	206.14							
$(\bar{X}_j - \bar{X})^2$	6682.13	5387.31	4901.72	1017.72	3938.53	11124.70	626.09							

Dado que la comparación de las medias muestrales se basa en las varianzas muestrales, se elaboró la siguiente tabla de datos y definiciones con la finalidad de a posteriori, tras elaborar, analizar la tabla de análisis de varianza (ANOVA):

Tabla 16: Definiciones y datos estadísticos de cantidades depositadas observadas tras prueba piloto - SMAW

k	Número de tratamientos	7
n	Número total de observaciones en todos los tratamientos combinados	5
n_j	Número total de observaciones en cada tratamiento	35
$X_{i,j}$	Es la i-esima observación de tratamiento j	6339.28
\bar{X}_j	Media muestral del tratamiento j (incluye las observaciones de cada tratamiento)	Cada media
\bar{X}_i	Media muestral general (incluye a todas las observaciones de todos los tratamientos)	181.122
α	Nivel de significancia	0.05
$v_1 = k-1$	Variación atribuida a los tratamientos	6
$v_2 = n-k$	Variación atribuida a los aleatoriedad o errores del experimento	28

Prueba de la hipótesis para el indicador cuantitativo medias de cantidades de soldadura depositada en pruebas piloto según posición con el proceso SMAW:

A) Hipótesis estadísticas:

Hipótesis nula H_0 : Las medias de cantidad de soldadura depositada en pruebas piloto según posición con el proceso SMAW, son iguales.

$$H_0: \mu_1 = \mu_2 = \dots = \mu_k$$

Hipótesis alternativa H_a : Las medias de cantidad de soldadura depositada en pruebas piloto según posición con el proceso SMAW, al menos en dos paralelos son diferentes.

$$H_a: \neg H_0$$

B) Nivel de significancia:

El nivel de significancia (α) escogido para la prueba de la hipótesis es del 5%.

C) Estadístico de prueba:

Siendo $\alpha = 0.05$ (nivel de significancia), se eligió el estadístico de prueba:

Distribución F con $v_1 = k - 1, v_2 = n - k$

$$F_{\alpha, v_1, v_2} = F_{0.05, 6, 28} = 2.4453$$

Región de rechazo: Rechazar H_0 si $F_0 > 2.4453$

D) Calcular F_0 :

Todos los resultados obtenidos se los ordena en la siguiente tabla ANOVA:

Tabla 17: Tabla ANOVA de comparación simultánea - Cantidades depositadas con SMAW

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados		Cuadrados medios		F_0	
Tratamiento	$k - 1$	SCTr	168390.99	$SCTr/(k - 1)$	28065.16	$[SCTr/(k - 1)] / [SCE/(n - k)]$	443.07
Aleatoria o error	$n - k$	SCE	1773.59	$SCE/(n - k)$	63.34		
Total	$n - 1$	SCT	170164.57				

E) Decisión:

F_0 cae en la región de rechazo. Por lo tanto, se rechaza la hipótesis de que las medias de cantidad de soldadura depositada en pruebas piloto según posición con el proceso SMAW, son iguales. (Ver en Anexos, Figura 31)

Anexo 12: Análisis de varianza y Prueba de Hipótesis – Cantidades depositadas observadas según posición con FCAW

Nuestro objetivo fue determinar si las medias obtenidas con cada tipo de posición son aproximadamente iguales (es decir, pretendemos saber si hay o no diferencias significativas entre las posiciones a la hora de determinar las cantidades de soldadura depositadas de una determinada prueba).

Para ello, de acuerdo con (RODRIGUEZ OJEDA, 2007), se tiene que:

Variación Total: Es la variación total combinada de las observaciones de todos los tratamientos con respecto a la media general.

Media muestral general:
$$\bar{\bar{X}} = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^k \sum_{i=1}^{n_j} X_{i,j}$$

Variación total:
$$SCT = \sum_{j=1}^k \sum_{i=1}^{n_j} (X_{i,j} - \bar{\bar{X}})^2$$

Variación de tratamientos: Es la variación atribuida a los efectos de los tratamientos.

Media muestral del tratamiento:
$$j: \bar{X}_j = \frac{1}{n_j} \sum_{i=1}^{n_j} X_{i,j}$$

Variación de tratamientos:
$$SCTr = \sum_{j=1}^k n_j (\bar{X}_j - \bar{\bar{X}})^2$$

Variación aleatoria o error: Es la variación dentro de cada tratamiento debido a errores en el experimento.

Variación aleatoria o error:
$$SCE = SCT - SCTr$$

La ecuación $SCT = SCTr + SCE$ separa la variación total en dos componentes: el primero corresponde a la variación atribuida a los tratamientos y el segundo es la variación atribuida a la aleatoriedad o errores del experimento.

Tras seleccionar el proceso de soldadura FCAW y siete tipos de posiciones de soldadura diferentes, hemos evaluado la cantidad de soldadura depositada en cinco pruebas piloto de soldadura con cada tipo de posición. Al finalizar las treinta y cinco pruebas piloto se obtuvieron los siguientes resultados:

Tabla 18: Cálculo de las diferencias de cantidades depositadas observadas tras prueba piloto - FCAW

	FCAW – Cantidad depositada (gr)													
N° Patrón	2F	3F	4F	1G	2G	3G	5G	$(X_{i,j} - \bar{X})^2$						
	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6	X_7	$(X_{1,j} - \bar{X})^2$	$(X_{2,j} - \bar{X})^2$	$(X_{3,j} - \bar{X})^2$	$(X_{4,j} - \bar{X})^2$	$(X_{5,j} - \bar{X})^2$	$(X_{6,j} - \bar{X})^2$	$(X_{7,j} - \bar{X})^2$
1	47.50	55.00	45.00	92.50	352.50	295.00	185.00	12021.56	10433.16	12576.02	4178.70	38164.41	19004.59	776.02
2	55.00	47.50	52.50	105.00	362.50	280.00	215.00	10433.16	12021.56	10950.13	2718.88	42171.56	15093.88	3347.45
3	47.50	47.50	52.50	100.00	352.50	307.50	200.00	12021.56	12021.56	10950.13	3265.31	38164.41	22607.27	1836.73
4	47.50	52.50	52.50	92.50	350.00	310.00	215.00	12021.56	10950.13	10950.13	4178.70	37193.88	23365.31	3347.45
5	52.50	47.50	47.50	110.00	332.50	307.50	185.00	10950.13	12021.56	12021.56	2222.45	30750.13	22607.27	776.02
TOTAL	250.00	250.00	250.00	500.00	1750.00	1500.00	1000.00	57447.96	57447.96	57447.96	16564.03	186444.39	102678.32	10083.67
PROMEDIO	50.00	50.00	50.00	100.00	350.00	300.00	200.00							
$(\bar{X}_j - \bar{X})^2$	11479.59	11479.59	11479.59	3265.31	37193.88	20408.16	1836.73							

Dado que la comparación de las medias muestrales se basa en las varianzas muestrales, se elaboró la siguiente tabla de datos y definiciones con la finalidad de a posteriori, tras elaborar, analizar la tabla de análisis de varianza (ANOVA):

Tabla 19: Definiciones y datos estadísticos de cantidades depositadas observadas tras prueba piloto - FCAW

k	Número de tratamientos	7
n	Número total de observaciones en todos los tratamientos combinados	5
n_j	Número total de observaciones en cada tratamiento	35
$X_{i,j}$	Es la i-esima observación de tratamiento j	5500.00
\bar{X}_j	Media muestral del tratamiento j (incluye las observaciones de cada tratamiento)	Cada media
\bar{X}_i	Media muestral general (incluye a todas las observaciones de todos los tratamientos)	157.143
α	Nivel de significancia	0.05
$v_1 = k-1$	Variación atribuida a los tratamientos	6
$v_2 = n-k$	Variación atribuida a los aleatoriedad o errores del experimento	28

Prueba de la hipótesis para el indicador cuantitativo medias de cantidades de soldadura depositada en pruebas piloto según posición con el proceso FCAW:

A) Hipótesis estadísticas:

Hipótesis nula H_0 : Las medias de cantidad de soldadura depositada en pruebas piloto según posición con el proceso FCAW, son iguales.

$$H_0: \mu_1 = \mu_2 = \dots = \mu_k$$

Hipótesis alternativa H_a : Las medias de cantidad de soldadura depositada en pruebas piloto según posición con el proceso FCAW, al menos en dos paralelos son diferentes.

$$H_a: \neg H_0$$

B) Nivel de significancia:

El nivel de significancia (α) escogido para la prueba de la hipótesis es del 5%.

C) Estadístico de prueba:

Siendo $\alpha = 0.05$ (nivel de significancia), se eligió el estadístico de prueba:

Distribución F con $\nu_1 = k - 1, \nu_2 = n - k$

$$F_{\alpha, \nu_1, \nu_2} = F_{0.05, 6, 28} = 2.4453$$

Región de rechazo: Rechazar H_0 si $F_0 > 2.4453$

D) Calcular F_0 :

Todos los resultados obtenidos se los ordena en la siguiente tabla ANOVA:

Tabla 20: Tabla ANOVA de comparación simultánea - Cantidades depositadas con FCAW

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados		Cuadrados medios		F_0	
Tratamiento	$k - 1$	SCTr	485714.29	$SCTr/(k - 1)$	80952.38	$[SCTr/(k - 1)] / [SCE/(n - k)]$	944.44
Aleatoria o error	$n - k$	SCE	2400.00	$SCE/(n - k)$	85.71		
Total	$n - 1$	SCT	488114.29				

E) Decisión:

F_0 cae en la región de rechazo. Por lo tanto, se rechaza la hipótesis de que las medias de cantidad de soldadura depositada en pruebas piloto según posición con el proceso FCAW, son iguales. (Ver en Anexos, Figura 32)

Anexo 13: Contrastación de Hipótesis

La contrastación de la hipótesis se ha realizado de acuerdo al método propuesto Pre Test – Post Test para así poder aceptar o rechazar la hipótesis. Así mismo, para la realización de este diseño se identificaron indicadores cuantitativos para evaluar el rendimiento del sistema de trabajo actual y del Aplicativo Propuesto.

Anexo 14: Prueba de la hipótesis para el indicador cuantitativo tiempo promedio observado en realizar el proceso de soldadura según posición 2F

A) Definición de las variables:

T_A : Tiempo en soldar según posición 2F con el sistema de trabajo actual. (minutos)

T_P : Tiempo en soldar según posición 2F con el aplicativo propuesto. (minutos)

B) Hipótesis estadísticas:

- **Hipótesis H_0 :** El tiempo en soldar según posición 2F con el sistema de trabajo actual, es menor que el tiempo en soldar según posición 2F con el aplicativo propuesto.

$$H_0 = T_A - T_P \leq 0$$

- **Hipótesis H_a :** El tiempo en soldar según posición 2F con el sistema de trabajo actual, es mayor que el tiempo en soldar según posición 2F con el aplicativo propuesto.

$$H_a = T_A - T_P > 0$$

C) Nivel de significancia:

Usando un nivel de significancia ($\alpha = 0.05$) del 5%. Por lo tanto, el nivel de confianza ($1 - \alpha = 0.95$) será del 95%.

D) Estadística de la prueba

Puesto que $n=5$ es pequeño, usaremos la distribución normal T (ver Anexo):

$$D_i = X_{1,i} - X_{2,i}, i=1, 2, \dots, n$$

$$\bar{D} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n D_i = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (X_{1,i} - X_{2,i})$$

$$S_D^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (D_i - \bar{D})^2$$

$$T_c = \frac{\bar{D} - d_0}{\frac{S_D}{\sqrt{n}}}$$

Tabla 21: Tiempo promedio observado en realizar el proceso de soldadura - Posición 2F

N° Patrón	2F							
	Tiempo (min)		Diferencia		$X_i - X_{med}$		$(X_i - X_{med})^2$	
	SMAW	FCAW	d_i	$(d_i - d_{med})^2$	SMAW	FCAW	SMAW	FCAW
1	4.67	1.48	3.19	0.0529	-0.3280	-0.0980	0.1076	0.0096
2	5.06	1.71	3.35	0.0049	0.0620	0.1320	0.0038	0.0174
3	4.81	1.48	3.33	0.0081	-0.1880	-0.0980	0.0353	0.0096
4	5.24	1.50	3.74	0.1024	0.2420	-0.0780	0.0586	0.0061
5	5.21	1.72	3.49	0.0049	0.2120	0.1420	0.0449	0.0202
TOTAL	24.99	7.89	17.10	0.1732			0.2503	0.0629
PROMEDIO	5.00	1.58	3.42	0.0346			0.0501	0.0126

Todos los resultados obtenidos, tras el cálculo respectivo, se ordenaron en la siguiente tabla:

Tabla 22: Datos estadísticos de tiempo promedio observado en realizar el proceso de soldadura - Posición 2F

Nivel Significancia	α	0.05
Nivel Confianza	$1 - \alpha$	0.95
$n_A = n_P =$	n	5
Grados de Libertad	$n-1$	4
T	T_α	2.132
	d_0	0
PROMEDIO	\bar{D}	3.420
	\bar{Q}_A	4.998
	\bar{Q}_P	1.578
VARIANZA	$S_{\bar{D}}^2$	0.043
	S_A^2	0.050
	S_P^2	0.013
DESV. ESTÁNDAR	$S_{\bar{D}}$	0.208
$T_{CALCULADA}$	T_C	36.751

E) Región de rechazo

Como $n = 5$ entonces los Grados de Libertad $(n - 1) = 4$ siendo su valor crítico.

$$\text{Valor crítico: } t_{\infty-0.05} = 2.132$$

La región de Rechazo consiste en aquellos valores de t mayores que 2.132

F) Conclusión:

El resultado final, es mayor que T_α , estando este valor dentro de la región de rechazo, entonces se rechaza H_0 y consecuentemente se acepta H_a . (Ver en Anexos, Figura 33)

Anexo 15: Prueba de la hipótesis para el indicador cuantitativo tiempo promedio observado en realizar el proceso de soldadura según posición 3F

A) Definición de las variables:

T_A : Tiempo en soldar según posición 3F con el sistema de trabajo actual. (minutos)

T_P : Tiempo en soldar según posición 3F con el aplicativo propuesto. (minutos)

B) Hipótesis estadísticas:

- **Hipótesis H_0 :** El tiempo en soldar según posición 3F con el sistema de trabajo actual, es menor que el tiempo en soldar según posición 3F con el aplicativo propuesto.

$$H_0 = T_A - T_P \leq 0$$

- **Hipótesis H_a :** El tiempo en soldar según posición 3F con el sistema de trabajo actual, es mayor que el tiempo en soldar según posición 3F con el aplicativo propuesto.

$$H_a = T_A - T_P > 0$$

C) Nivel de significancia:

Usando un nivel de significancia ($\alpha = 0.05$) del 5%. Por lo tanto, el nivel de confianza ($1 - \alpha = 0.95$) será del 95%.

D) Estadística de la prueba

Puesto que $n=5$ es pequeño, usaremos la distribución normal T (ver Anexo):

$$\bar{D} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n D_i = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_{1,i} - x_{2,i})$$

$$\bar{D} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n D_i = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_{1,i} - x_{2,i})$$

$$S_D^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (D_i - \bar{D})^2$$

$$T_c = \frac{\bar{D} - d_0}{\frac{S_D}{\sqrt{n}}}$$

Tabla 23:Tiempo promedio observado en realizar el proceso de soldadura - Posición 3F

N° Patrón	3F							
	Tiempo (min)		Diferencia		$X_i - X_{med}$		$(X_i - X_{med})^2$	
	SMAW	FCAW	d_i	$(d_i - d_{med})^2$	SMAW	FCAW	SMAW	FCAW
1	5.96	1.93	4.03	0.0000	0.1420	0.1460	0.0202	0.0213
2	5.60	1.65	3.95	0.0071	-0.2180	-0.1340	0.0475	0.0180
3	5.79	1.85	3.94	0.0088	-0.0280	0.0660	0.0008	0.0044
4	5.75	1.75	4.00	0.0012	-0.0680	-0.0340	0.0046	0.0012
5	5.99	1.74	4.25	0.0467	0.1720	-0.0440	0.0296	0.0019
TOTAL	29.09	8.92	20.17	0.0637			0.1027	0.0467
PROMEDIO	5.82	1.78	4.03	0.0127			0.0205	0.0093

Todos los resultados obtenidos, tras el cálculo respectivo, se ordenaron en la siguiente tabla:

Tabla 24: Datos estadísticos de tiempo promedio observado en realizar el proceso de soldadura - Posición 3F

Nivel Significancia	α	0.05
Nivel Confianza	$1 - \alpha$	0.95
$n_A = n_P =$	n	5
Grados de Libertad	$n-1$	4
T	T_α	2.132
	d_0	0
PROMEDIO	\bar{D}	4.034
	\bar{Q}_A	5.818
	\bar{Q}_P	1.784
VARIANZA	$S_{\bar{D}}^2$	0.016
	S_A^2	0.021
	S_P^2	0.009
DESV. ESTÁNDAR	$S_{\bar{D}}$	0.126
T _{CALCULADA}	T_C	71.468

E) Región de rechazo

Como $n = 5$ entonces los Grados de Libertad $(n - 1) = 4$ siendo su valor crítico.

$$\text{Valor crítico: } t_{\infty-0.05} = 2.132$$

La región de Rechazo consiste en aquellos valores de t mayores que 2.132

F) Conclusión:

El resultado final, es mayor que T_α , estando este valor dentro de la región de rechazo, entonces se rechaza H_0 y consecuentemente se acepta H_a . (Ver en Anexos, Figura 34)

Anexo 16: Prueba de la hipótesis para el indicador cuantitativo tiempo promedio observado en realizar el proceso de soldadura según posición 4F

A) Definición de las variables:

T_A : Tiempo en soldar según posición 4F con el sistema de trabajo actual. (minutos)

T_P : Tiempo en soldar según posición 4F con el aplicativo propuesto. (minutos)

B) Hipótesis estadísticas:

- **Hipótesis H_0 :** El tiempo en soldar según posición 4F con el sistema de trabajo actual, es menor que el tiempo en soldar según posición 4F con el aplicativo propuesto.

$$H_0 = T_A - T_P \leq 0$$

- **Hipótesis H_a :** El tiempo en soldar según posición 4F con el sistema de trabajo actual, es mayor que el tiempo en soldar según posición 4F con el aplicativo propuesto.

$$H_a = T_A - T_P > 0$$

C) Nivel de significancia:

Usando un nivel de significancia ($\alpha = 0.05$) del 5%. Por lo tanto, el nivel de confianza ($1 - \alpha = 0.95$) será del 95%.

D) Estadística de la prueba

Puesto que $n=5$ es pequeño, usaremos la distribución normal T (ver Anexo):

$$\bar{D} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n D_i = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_{1,i} - x_{2,i})$$

$$\bar{D} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n D_i = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_{1,i} - x_{2,i})$$

$$S_D^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (D_i - \bar{D})^2$$

$$T_c = \frac{\bar{D} - d_0}{\frac{S_D}{\sqrt{n}}}$$

Tabla 25: Tiempo promedio observado en realizar el proceso de soldadura - Posición 4F

N° Patrón	4F							
	Tiempo (min)		Diferencia		$X_i - X_{med}$		$(X_i - X_{med})^2$	
	SMAW	FCAW	d_i	$(d_i - d_{med})^2$	SMAW	FCAW	SMAW	FCAW
1	5.29	1.49	3.80	0.0635	-0.4100	-0.1580	0.1681	0.0250
2	5.81	1.69	4.12	0.0046	0.1100	0.0420	0.0121	0.0018
3	5.33	1.65	3.68	0.1384	-0.3700	0.0020	0.1369	0.0000
4	6.13	1.72	4.41	0.1282	0.4300	0.0720	0.1849	0.0052
5	5.94	1.69	4.25	0.0392	0.2400	0.0420	0.0576	0.0018
TOTAL	28.50	8.24	20.26	0.3739			0.5596	0.0337
PROMEDIO	5.70	1.65	4.05	0.0748			0.1119	0.0067

Todos los resultados obtenidos, tras el cálculo respectivo, se ordenaron en la siguiente tabla:

Tabla 26: Datos estadísticos de tiempo promedio observado en realizar el proceso de soldadura - Posición 4F

Nivel Significancia	α	0.05
Nivel Confianza	$1 - \alpha$	0.95
$n_A = n_P =$	n	5
Grados de Libertad	$n-1$	4
T	T_α	2.132
	d_0	0
PROMEDIO	\bar{D}	4.052
	\bar{Q}_A	5.700
	\bar{Q}_P	1.648
VARIANZA	$S_{\bar{D}}^2$	0.093
	S_A^2	0.112
	S_P^2	0.007
DESV. ESTÁNDAR	$S_{\bar{D}}$	0.306
T _{CALCULADA}	T_C	29.636

E) Región de rechazo

Como $n = 5$ entonces los Grados de Libertad $(n - 1) = 4$ siendo su valor crítico.

$$\text{Valor crítico: } t_{\infty-0.05} = 2.132$$

La región de Rechazo consiste en aquellos valores de t mayores que 2.132

F) Conclusión:

El resultado final, es mayor que T_α , estando este valor dentro de la región de rechazo, entonces se rechaza H_0 y consecuentemente se acepta H_a . (Ver en Anexos, Figura 35)

Anexo 17: Prueba de la hipótesis para el indicador cuantitativo tiempo promedio observado en realizar el proceso de soldadura según posición 1G

A) Definición de las variables:

T_A : Tiempo en soldar según posición 1G con el sistema de trabajo actual. (minutos)

T_P : Tiempo en soldar según posición 1G con el aplicativo propuesto. (minutos)

B) Hipótesis estadísticas:

- **Hipótesis H_0 :** El tiempo en soldar según posición 1G con el sistema de trabajo actual, es menor que el tiempo en soldar según posición 1G con el aplicativo propuesto.

$$H_0 = T_A - T_P \leq 0$$

- **Hipótesis H_a :** El tiempo en soldar según posición 1G con el sistema de trabajo actual, es mayor que el tiempo en soldar según posición 1G con el aplicativo propuesto.

$$H_a = T_A - T_P > 0$$

C) Nivel de significancia:

Usando un nivel de significancia ($\alpha = 0.05$) del 5%. Por lo tanto, el nivel de confianza ($1 - \alpha = 0.95$) será del 95%.

D) Estadística de la prueba

Puesto que $n=5$ es pequeño, usaremos la distribución normal T (ver Anexo):

$$\bar{D} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n D_i = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (X_{1,i} - X_{2,i})$$

$$\bar{D} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n D_i = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (X_{1,i} - X_{2,i})$$

$$S_D^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (D_i - \bar{D})^2$$

$$T_c = \frac{\bar{D} - d_0}{\frac{S_D}{\sqrt{n}}}$$

Tabla 27: Tiempo promedio observado en realizar el proceso de soldadura - Posición 1G

N° Patrón	1G							
	Tiempo (min)		Diferencia		$X_i - X_{med}$		$(X_i - X_{med})^2$	
	SMAW	FCAW	d_i	$(d_i - d_{med})^2$	SMAW	FCAW	SMAW	FCAW
1	14.39	4.46	9.93	0.0912	-0.4400	-0.1380	0.1936	0.0190
2	14.50	4.51	9.99	0.0586	-0.3300	-0.0880	0.1089	0.0077
3	14.50	4.74	9.76	0.2228	-0.3300	0.1420	0.1089	0.0202
4	15.21	5.03	10.18	0.0027	0.3800	0.4320	0.1444	0.1866
5	15.55	4.25	11.30	1.1406	0.7200	-0.3480	0.5184	0.1211
TOTAL	74.15	22.99	51.16	1.5159			1.0742	0.3547
PROMEDIO	14.83	4.60	10.23	0.3032			0.2148	0.0709

Todos los resultados obtenidos, tras el cálculo respectivo, se ordenaron en la siguiente tabla:

Tabla 28: Datos estadísticos de tiempo promedio observado en realizar el proceso de soldadura - Posición 1G

Nivel Significancia	α	0.05
Nivel Confianza	$1 - \alpha$	0.95
$n_A = n_P =$	n	5
Grados de Libertad	$n-1$	4
T	T_α	2.132
	d_0	0
PROMEDIO	\bar{D}	10.232
	\bar{Q}_A	14.830
	\bar{Q}_P	4.598
VARIANZA	$S_{\bar{D}}^2$	0.379
	S_A^2	0.215
	S_P^2	0.071
DESV. ESTÁNDAR	$S_{\bar{D}}$	0.616
T _{CALCULADA}	T_C	37.166

E) Región de rechazo

Como $n = 5$ entonces los Grados de Libertad $(n - 1) = 4$ siendo su valor crítico.

$$\text{Valor crítico: } t_{\infty-0.05} = 2.132$$

La región de Rechazo consiste en aquellos valores de t mayores que 2.132

F) Conclusión:

El resultado final, es mayor que T_α , estando este valor dentro de la región de rechazo, entonces se rechaza H_0 y consecuentemente se acepta H_a . (Ver en Anexos, Figura 36)

Anexo 18: Prueba de la hipótesis para el indicador cuantitativo tiempo promedio observado en realizar el proceso de soldadura según posición 2G

A) Definición de las variables:

T_A : Tiempo en soldar según posición 2G con el sistema de trabajo actual. (minutos)

T_P : Tiempo en soldar según posición 2G con el aplicativo propuesto. (minutos)

B) Hipótesis estadísticas:

- **Hipótesis H_0 :** El tiempo en soldar según posición 2G con el sistema de trabajo actual, es menor que el tiempo en soldar según posición 2G con el aplicativo propuesto.

$$H_0 = T_A - T_P \leq 0$$

- **Hipótesis H_a :** El tiempo en soldar según posición 2G con el sistema de trabajo actual, es mayor que el tiempo en soldar según posición 2G con el aplicativo propuesto.

$$H_a = T_A - T_P > 0$$

C) Nivel de significancia:

Usando un nivel de significancia ($\alpha = 0.05$) del 5%. Por lo tanto, el nivel de confianza ($1 - \alpha = 0.95$) será del 95%.

D) Estadística de la prueba

Puesto que $n=5$ es pequeño, usaremos la distribución normal T (ver Anexo):

$$\bar{D} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n D_i = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (X_{1,i} - X_{2,i})$$

$$\bar{D} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n D_i = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (X_{1,i} - X_{2,i})$$

$$S_D^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (D_i - \bar{D})^2$$

$$T_c = \frac{\bar{D} - d_0}{\frac{S_D}{\sqrt{n}}}$$

Tabla 29: Tiempo promedio observado en realizar el proceso de soldadura - Posición 2G

N° Patrón	2G							
	Tiempo (min)		Diferencia		$X_i - X_{med}$		$(X_i - X_{med})^2$	
	SMAW	FCAW	d_i	$(d_i - d_{med})^2$	SMAW	FCAW	SMAW	FCAW
1	18.05	9.45	8.60	0.4382	-0.1840	-0.8460	0.0339	0.7157
2	18.63	9.79	8.84	0.8136	0.3960	-0.5060	0.1568	0.2560
3	17.65	10.82	6.83	1.2277	-0.5840	0.5240	0.3411	0.2746
4	18.62	10.93	7.69	0.0615	0.3860	0.6340	0.1490	0.4020
5	18.22	10.49	7.73	0.0433	-0.0140	0.1940	0.0002	0.0376
TOTAL	91.17	51.48	39.69	2.5843			0.6809	1.6859
PROMEDIO	18.23	10.30	7.94	0.5169			0.1362	0.3372

Todos los resultados obtenidos, tras el cálculo respectivo, se ordenaron en la siguiente tabla:

Tabla 30: Datos estadísticos de tiempo promedio observado en realizar el proceso de soldadura - Posición 2G

Nivel Significancia	α	0.05
Nivel Confianza	$1 - \alpha$	0.95
$n_A = n_P =$	n	5
Grados de Libertad	$n-1$	4
T	T_α	2.132
	d_0	0
PROMEDIO	\bar{D}	7.938
	\bar{Q}_A	18.234
	\bar{Q}_P	10.296
VARIANZA	$S_{\bar{D}}^2$	0.646
	S_A^2	0.136
	S_P^2	0.337
DESV. ESTÁNDAR	$S_{\bar{D}}$	0.804
T _{CALCULADA}	T_C	22.083

E) Región de rechazo

Como $n = 5$ entonces los Grados de Libertad $(n - 1) = 4$ siendo su valor crítico.

$$\text{Valor crítico: } t_{\infty-0.05} = 2.132$$

La región de Rechazo consiste en aquellos valores de t mayores que 2.132

F) Conclusión:

El resultado final, es mayor que T_α , estando este valor dentro de la región de rechazo, entonces se rechaza H_0 y consecuentemente se acepta H_a . (Ver en Anexos, Figura 37)

Anexo 19: Prueba de la hipótesis para el indicador cuantitativo tiempo promedio observado en realizar el proceso de soldadura según posición 3G

A) Definición de las variables:

T_A : Tiempo en soldar según posición 3G con el sistema de trabajo actual. (minutos)

T_P : Tiempo en soldar según posición 3G con el aplicativo propuesto. (minutos)

B) Hipótesis estadísticas:

- **Hipótesis H_0 :** El tiempo en soldar según posición 3G con el sistema de trabajo actual, es menor que el tiempo en soldar según posición 3G con el aplicativo propuesto.

$$H_0 = T_A - T_P \leq 0$$

- **Hipótesis H_a :** El tiempo en soldar según posición 3G con el sistema de trabajo actual, es mayor que el tiempo en soldar según posición 3G con el aplicativo propuesto.

$$H_a = T_A - T_P > 0$$

C) Nivel de significancia:

Usando un nivel de significancia ($\alpha = 0.05$) del 5%. Por lo tanto, el nivel de confianza ($1 - \alpha = 0.95$) será del 95%.

D) Estadística de la prueba

Puesto que $n=5$ es pequeño, usaremos la distribución normal T (ver Anexo):

$$\bar{D} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n D_i = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_{1,i} - x_{2,i})$$

$$\bar{D} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n D_i = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_{1,i} - x_{2,i})$$

$$s_D^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (D_i - \bar{D})^2$$

$$T_c = \frac{\bar{D} - d_0}{\frac{s_D}{\sqrt{n}}}$$

Tabla 31: Tiempo promedio observado en realizar el proceso de soldadura - Posición 3G

N° Patrón	3G							
	Tiempo (min)		Diferencia		$X_i - X_{med}$		$(X_i - X_{med})^2$	
	SMAW	FCAW	d_i	$(d_i - d_{med})^2$	SMAW	FCAW	SMAW	FCAW
1	19.96	14.10	5.86	0.0006	0.2560	0.2800	0.0655	0.0784
2	19.24	13.34	5.90	0.0003	-0.4640	-0.4800	0.2153	0.2304
3	20.16	12.66	7.50	2.6115	0.4560	-1.1600	0.2079	1.3456
4	18.41	14.78	3.63	5.0805	-1.2940	0.9600	1.6744	0.9216
5	20.75	14.22	6.53	0.4173	1.0460	0.4000	1.0941	0.1600
TOTAL	98.52	69.10	29.42	8.1101			3.2573	2.7360
PROMEDIO	19.70	13.82	5.88	1.6220			0.6515	0.5472

Todos los resultados obtenidos, tras el cálculo respectivo, se ordenaron en la siguiente tabla:

Tabla 32: Datos estadísticos de tiempo promedio observado en realizar el proceso de soldadura - Posición 3G

Nivel Significancia	α	0.05
Nivel Confianza	$1 - \alpha$	0.95
$n_A = n_P =$	n	5
Grados de Libertad	$n-1$	4
T	T_α	2.132
	d_0	0
PROMEDIO	\bar{D}	5.884
	\bar{Q}_A	19.704
	\bar{Q}_P	13.820
VARIANZA	$S_{\bar{D}}^2$	2.028
	S_A^2	0.651
	S_P^2	0.547
DESV. ESTÁNDAR	$S_{\bar{D}}$	1.424
$T_{CALCULADA}$	T_C	9.240

E) Región de rechazo

Como $n = 5$ entonces los Grados de Libertad $(n - 1) = 4$ siendo su valor crítico.

$$\text{Valor crítico: } t_{\infty-0.05} = 2.132$$

La región de Rechazo consiste en aquellos valores de t mayores que 2.132

F) Conclusión:

El resultado final, es mayor que T_α , estando este valor dentro de la región de rechazo, entonces se rechaza H_0 y consecuentemente se acepta H_a . (Ver en Anexos, Figura 38)

Anexo 20: Prueba de la hipótesis para el indicador cuantitativo tiempo promedio observado en realizar el proceso de soldadura según posición 5G

A) Definición de las variables:

T_A : Tiempo en soldar según posición 5G con el sistema de trabajo actual. (minutos)

T_P : Tiempo en soldar según posición 5G con el aplicativo propuesto. (minutos)

B) Hipótesis estadísticas:

- **Hipótesis H_0 :** El tiempo en soldar según posición 5G con el sistema de trabajo actual, es menor que el tiempo en soldar según posición 5G con el aplicativo propuesto.

$$H_0 = T_A - T_P \leq 0$$

- **Hipótesis H_a :** El tiempo en soldar según posición 5G con el sistema de trabajo actual, es mayor que el tiempo en soldar según posición 5G con el aplicativo propuesto.

$$H_a = T_A - T_P > 0$$

C) Nivel de significancia:

Usando un nivel de significancia ($\alpha = 0.05$) del 5%. Por lo tanto, el nivel de confianza ($1 - \alpha = 0.95$) será del 95%.

D) Estadística de la prueba

Puesto que $n=5$ es pequeño, usaremos la distribución normal T (ver Anexo):

$$\bar{D} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n D_i = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_{1,i} - x_{2,i})$$

$$\bar{D} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n D_i = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_{1,i} - x_{2,i})$$

$$s_D^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (D_i - \bar{D})^2$$

$$T_c = \frac{\bar{D} - d_0}{\frac{s_D}{\sqrt{n}}}$$

Tabla 33: Tiempo promedio observado en realizar el proceso de soldadura - Posición 5G

N° Patrón	5G							
	Tiempo (min)		Diferencia		$X_i - X_{med}$		$(X_i - X_{med})^2$	
	SMAW	FCAW	d_i	$(d_i - d_{med})^2$	SMAW	FCAW	SMAW	FCAW
1	14.05	5.39	8.66	0.0515	-0.6330	-0.4060	0.4007	0.1648
2	14.64	5.87	8.77	0.0149	-0.0480	0.0740	0.0023	0.0055
3	14.82	6.15	8.67	0.0471	0.1370	0.3540	0.0188	0.1253
4	14.65	5.88	8.77	0.0137	-0.0330	0.0840	0.0011	0.0071
5	15.26	5.69	9.57	0.4665	0.5770	-0.1060	0.3329	0.0112
TOTAL	73.42	28.98	44.44	0.5937			0.7558	0.3139
PROMEDIO	14.68	5.80	8.89	0.1187			0.1512	0.0628

Todos los resultados obtenidos, tras el cálculo respectivo, se ordenaron en la siguiente tabla:

Tabla 34: Datos estadísticos de tiempo promedio observado en realizar el proceso de soldadura - Posición 5G

Nivel Significancia	α	0.05
Nivel Confianza	$1 - \alpha$	0.95
$n_A = n_P =$	n	5
Grados de Libertad	$n-1$	4
T	T_α	2.132
	d_0	0
PROMEDIO	\bar{D}	8.887
	\bar{Q}_A	14.683
	\bar{Q}_P	5.796
VARIANZA	$S_{\bar{D}}^2$	0.148
	S_A^2	0.151
	S_P^2	0.063
DESV. ESTÁNDAR	$S_{\bar{D}}$	0.385
T _{CALCULADA}	T_C	51.582

E) Región de rechazo

Como $n = 5$ entonces los Grados de Libertad $(n - 1) = 4$ siendo su valor crítico.

$$\text{Valor crítico: } t_{\infty-0.05} = 2.132$$

La región de Rechazo consiste en aquellos valores de t mayores que 2.132

F) Conclusión:

El resultado final, es mayor que T_α , estando este valor dentro de la región de rechazo, entonces se rechaza H_0 y consecuentemente se acepta H_a . (Ver en Anexos, Figura 39)

Anexo 21: Prueba de la hipótesis para el indicador cuantitativo cantidad de soldadura depositada promedio observada al realizar el proceso de soldadura según posición 2F

A) Definición de las variables:

C_A : Cantidad de soldadura depositada según posición 2F con el sistema de trabajo actual. (gramos)

C_P : Cantidad de soldadura depositada según posición 2F con el aplicativo propuesto. (gramos)

B) Hipótesis estadísticas:

- **Hipótesis H_0 :** La cantidad de soldadura depositada según posición 2F con el sistema de trabajo actual, es menor que la cantidad de soldadura depositada según posición 2F con el aplicativo propuesto.

$$H_0 = C_A - C_P \leq 0$$

- **Hipótesis H_a :** La cantidad de soldadura depositada según posición 2F con el sistema de trabajo actual, es mayor que la cantidad de soldadura depositada según posición 2F con el aplicativo propuesto.

$$H_a = C_A - C_P > 0$$

C) Nivel de significancia:

Usando un nivel de significancia ($\alpha = 0.05$) del 5%. Por lo tanto, el nivel de confianza ($1 - \alpha = 0.95$) será del 95%.

D) Estadística de la prueba

Puesto que $n=5$ es pequeño, usaremos la distribución normal T (ver Anexo):

$$\bar{D} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n D_i = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (X_{1,i} - X_{2,i})$$

$$\bar{D} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n D_i = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (X_{1,i} - X_{2,i})$$

$$S_D^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (D_i - \bar{D})^2$$

$$T_c = \frac{\bar{D} - d_0}{\frac{S_D}{\sqrt{n}}}$$

Tabla 35: Cantidad de soldadura depositada promedio observada - Posición 2F

N° Patrón	2F							
	Cantidad (gr)		Diferencia		$X_i - X_{med}$		$(X_i - X_{med})^2$	
	SMAW	FCAW	d_i	$(d_i - d_{med})^2$	SMAW	FCAW	SMAW	FCAW
1	102.92	47.50	55.42	36.5058	3.5420	-2.5000	12.5458	6.2500
2	92.85	55.00	37.85	132.8948	-6.5280	5.0000	42.6148	25.0000
3	98.42	47.50	50.92	2.3778	-0.9580	-2.5000	0.9178	6.2500
4	103.01	47.50	55.51	37.6014	3.6320	-2.5000	13.1914	6.2500
5	99.69	52.50	47.19	4.7873	0.3120	2.5000	0.0973	6.2500
TOTAL	496.89	250.00	246.89	214.1671			69.3671	50.0000
PROMEDIO	99.38	50.00	49.38	42.8334			13.8734	10.0000

Todos los resultados obtenidos, tras el cálculo respectivo, se ordenaron en la siguiente tabla:

Tabla 36: Datos estadísticos de cantidad de soldadura depositada promedio observada - Posición 2F

Nivel Significancia	α	0.05
Nivel Confianza	$1 - \alpha$	0.95
$n_A = n_P =$	n	5
Grados de Libertad	$n-1$	4
T	T_α	2.132
	d_0	0
PROMEDIO	\bar{D}	49.378
	\bar{Q}_A	99.378
	\bar{Q}_P	50.000
VARIANZA	$S_{\bar{D}}^2$	53.542
	S_A^2	13.873
	S_P^2	10.000
DESV. ESTÁNDAR	$S_{\bar{D}}$	7.317
$T_{CALCULADA}$	T_C	15.089

E) Región de rechazo

Como $n = 5$ entonces los Grados de Libertad $(n - 1) = 4$ siendo su valor crítico.

$$\text{Valor crítico: } t_{\infty-0.05} = 2.132$$

La región de Rechazo consiste en aquellos valores de t mayores que 2.132

F) Conclusión:

El resultado final, es mayor que T_α , estando este valor dentro de la región de rechazo, entonces se rechaza H_0 y consecuentemente se acepta H_a . (Ver en Anexos, Figura 40)

Anexo 22: Prueba de la hipótesis para el indicador cuantitativo cantidad de soldadura depositada promedio observada al realizar el proceso de soldadura según posición 3F

A) Definición de las variables:

C_A : Cantidad de soldadura depositada según posición 3F con el sistema de trabajo actual. (gramos)

C_P : Cantidad de soldadura depositada según posición 3F con el aplicativo propuesto. (gramos)

B) Hipótesis estadísticas:

- **Hipótesis H_0 :** La cantidad de soldadura depositada según posición 3F con el sistema de trabajo actual, es menor que la cantidad de soldadura depositada según posición 3F con el aplicativo propuesto.

$$H_0 = C_A - C_P \leq 0$$

- **Hipótesis H_a :** La cantidad de soldadura depositada según posición 3F con el sistema de trabajo actual, es mayor que la cantidad de soldadura depositada según posición 3F con el aplicativo propuesto.

$$H_a = C_A - C_P > 0$$

C) Nivel de significancia:

Usando un nivel de significancia ($\alpha = 0.05$) del 5%. Por lo tanto, el nivel de confianza ($1 - \alpha = 0.95$) será del 95%.

D) Estadística de la prueba

Puesto que $n=5$ es pequeño, usaremos la distribución normal T (ver Anexo):

$$\bar{D} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n D_i = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (X_{1,i} - X_{2,i})$$

$$\bar{D} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n D_i = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (X_{1,i} - X_{2,i})$$

$$S_D^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (D_i - \bar{D})^2$$

$$T_c = \frac{\bar{D} - d_0}{\frac{S_D}{\sqrt{n}}}$$

Tabla 37: Cantidad de soldadura depositada promedio observada - Posición 3F

N° Patrón	3F							
	Cantidad (gr)		Diferencia		$X_i - X_{med}$		$(X_i - X_{med})^2$	
	SMAW	FCAW	d _i	(d _i - d _{med}) ²	SMAW	FCAW	SMAW	FCAW
1	115.40	55.00	60.40	7.1610	7.6760	5.0000	58.9210	25.0000
2	105.39	47.50	57.89	0.0276	-2.3340	-2.5000	5.4476	6.2500
3	109.82	47.50	62.32	21.1232	2.0960	-2.5000	4.3932	6.2500
4	98.85	52.50	46.35	129.3679	-8.8740	2.5000	78.7479	6.2500
5	109.16	47.50	61.66	15.4921	1.4360	-2.5000	2.0621	6.2500
TOTAL	538.62	250.00	288.62	173.1717			149.5717	50.0000
PROMEDIO	107.72	50.00	57.72	34.6343			29.9143	10.0000

Todos los resultados obtenidos, tras el cálculo respectivo, se ordenaron en la siguiente tabla:

Tabla 38: Datos estadísticos de cantidad de soldadura depositada promedio observada - Posición 3F

Nivel Significancia	α	0.05
Nivel Confianza	$1 - \alpha$	0.95
$n_A = n_P =$	n	5
Grados de Libertad	n-1	4
T	T_α	2.132
	d ₀	0
PROMEDIO	\bar{D}	57.724
	\bar{Q}_A	107.724
	\bar{Q}_P	50.000
VARIANZA	$S_{\bar{D}}^2$	43.293
	S_A^2	29.914
	S_P^2	10.000
DESV. ESTÁNDAR	$S_{\bar{D}}$	6.580
T _{CALCULADA}	T_C	19.617

E) Región de rechazo

Como n = 5 entonces los Grados de Libertad (n – 1) = 4 siendo su valor crítico.

$$\text{Valor crítico: } t_{\infty-0.05} = 2.132$$

La región de Rechazo consiste en aquellos valores de t mayores que 2.132

F) Conclusión:

El resultado final, es mayor que T_α , estando este valor dentro de la región de rechazo, entonces se rechaza H_0 y consecuentemente se acepta H_a . (Ver en Anexos, Figura 41)

Anexo 23: Prueba de la hipótesis para el indicador cuantitativo cantidad de soldadura depositada promedio observada al realizar el proceso de soldadura según posición 4F

A) Definición de las variables:

C_A : Cantidad de soldadura depositada según posición 4F con el sistema de trabajo actual. (gramos)

C_P : Cantidad de soldadura depositada según posición 4F con el aplicativo propuesto. (gramos)

B) Hipótesis estadísticas:

- **Hipótesis H_0 :** La cantidad de soldadura depositada según posición 4F con el sistema de trabajo actual, es menor que la cantidad de soldadura depositada según posición 4F con el aplicativo propuesto.

$$H_0 = C_A - C_P \leq 0$$

- **Hipótesis H_a :** La cantidad de soldadura depositada según posición 4F con el sistema de trabajo actual, es mayor que la cantidad de soldadura depositada según posición 4F con el aplicativo propuesto.

$$H_a = C_A - C_P > 0$$

C) Nivel de significancia:

Usando un nivel de significancia ($\alpha = 0.05$) del 5%. Por lo tanto, el nivel de confianza ($1 - \alpha = 0.95$) será del 95%.

D) Estadística de la prueba

Puesto que $n=5$ es pequeño, usaremos la distribución normal T (ver Anexo):

$$\bar{D} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n D_i = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (X_{1,i} - X_{2,i})$$

$$\bar{D} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n D_i = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (X_{1,i} - X_{2,i})$$

$$S_D^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (D_i - \bar{D})^2$$

$$T_c = \frac{\bar{D} - d_0}{\frac{S_D}{\sqrt{n}}}$$

Tabla 39: Cantidad de soldadura depositada promedio observada - Posición 4F

N° Patrón	4F							
	Cantidad (gr)		Diferencia		$X_i - X_{med}$		$(X_i - X_{med})^2$	
	SMAW	FCAW	d_i	$(d_i - d_{med})^2$	SMAW	FCAW	SMAW	FCAW
1	107.37	45.00	62.37	1.5876	-3.7400	-5.0000	13.9876	25.0000
2	117.60	52.50	65.10	15.9201	6.4900	2.5000	42.1201	6.2500
3	110.84	52.50	58.34	7.6729	-0.2700	2.5000	0.0729	6.2500
4	109.99	52.50	57.49	13.1044	-1.1200	2.5000	1.2544	6.2500
5	109.75	47.50	62.25	1.2996	-1.3600	-2.5000	1.8496	6.2500
TOTAL	555.55	250.00	305.55	39.5846			59.2846	50.0000
PROMEDIO	111.11	50.00	61.11	7.9169			11.8569	10.0000

Todos los resultados obtenidos, tras el cálculo respectivo, se ordenaron en la siguiente tabla:

Tabla 40: Datos estadísticos de cantidad de soldadura depositada promedio observada - Posición 4F

Nivel Significancia	α	0.05
Nivel Confianza	$1 - \alpha$	0.95
$n_A = n_P =$	n	5
Grados de Libertad	$n-1$	4
T	T_α	2.132
	d_0	0
PROMEDIO	\bar{D}	61.110
	\bar{Q}_A	111.110
	\bar{Q}_P	50.000
VARIANZA	$S_{\bar{D}}^2$	9.896
	S_A^2	11.857
	S_P^2	10.000
DESV. ESTÁNDAR	$S_{\bar{D}}$	3.146
T _{CALCULADA}	T_C	43.437

E) Región de rechazo

Como $n = 5$ entonces los Grados de Libertad $(n - 1) = 4$ siendo su valor crítico.

$$\text{Valor crítico: } t_{\infty-0.05} = 2.132$$

La región de Rechazo consiste en aquellos valores de t mayores que 2.132

F) Conclusión:

El resultado final, es mayor que T_α , estando este valor dentro de la región de rechazo, entonces se rechaza H_0 y consecuentemente se acepta H_a . (Ver en Anexos, Figura 42)

Anexo 24: Prueba de la hipótesis para el indicador cuantitativo cantidad de soldadura depositada promedio observada al realizar el proceso de soldadura según posición 1G

A) Definición de las variables:

C_A : Cantidad de soldadura depositada según posición 1G con el sistema de trabajo actual. (gramos)

C_P : Cantidad de soldadura depositada según posición 1G con el aplicativo propuesto. (gramos)

B) Hipótesis estadísticas:

- **Hipótesis H_0 :** La cantidad de soldadura depositada según posición 1G con el sistema de trabajo actual, es menor que la cantidad de soldadura depositada según posición 1G con el aplicativo propuesto.

$$H_0 = C_A - C_P \leq 0$$

- **Hipótesis H_a :** La cantidad de soldadura depositada según posición 1G con el sistema de trabajo actual, es mayor que la cantidad de soldadura depositada según posición 1G con el aplicativo propuesto.

$$H_a = C_A - C_P > 0$$

C) Nivel de significancia:

Usando un nivel de significancia ($\alpha = 0.05$) del 5%. Por lo tanto, el nivel de confianza ($1 - \alpha = 0.95$) será del 95%.

D) Estadística de la prueba

Puesto que $n=5$ es pequeño, usaremos la distribución normal T (ver Anexo):

$$\bar{D} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n D_i = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (X_{1,i} - X_{2,i})$$

$$\bar{D} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n D_i = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (X_{1,i} - X_{2,i})$$

$$S_D^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (D_i - \bar{D})^2$$

$$T_c = \frac{\bar{D} - d_0}{\frac{S_D}{\sqrt{n}}}$$

Tabla 41: Cantidad de soldadura depositada promedio observada - Posición 1G

N° Patrón	1G							
	Cantidad (gr)		Diferencia		$X_i - X_{med}$		$(X_i - X_{med})^2$	
	SMAW	FCAW	d_i	$(d_i - d_{med})^2$	SMAW	FCAW	SMAW	FCAW
1	200.13	92.50	107.63	29.0952	-12.8940	-7.5000	166.2552	56.2500
2	222.65	105.00	117.65	21.3536	9.6210	5.0000	92.5636	25.0000
3	209.51	100.00	109.51	12.3834	-3.5190	0.0000	12.3834	0.0000
4	223.44	92.50	130.94	320.9831	10.4160	-7.5000	108.4931	56.2500
5	209.40	110.00	99.40	185.6134	-3.6240	10.0000	13.1334	100.0000
TOTAL	1065.12	500.00	565.12	569.4287			392.8287	237.5000
PROMEDIO	213.02	100.00	113.02	113.8857			78.5657	47.5000

Todos los resultados obtenidos, tras el cálculo respectivo, se ordenaron en la siguiente tabla:

Tabla 42: Datos estadísticos de cantidad de soldadura depositada promedio observada - Posición 1G

Nivel Significancia	α	0.05
Nivel Confianza	$1 - \alpha$	0.95
$n_A = n_P =$	n	5
Grados de Libertad	$n-1$	4
T	T_α	2.132
	d_0	0
PROMEDIO	\bar{D}	113.024
	\bar{Q}_A	213.024
	\bar{Q}_P	100.000
VARIANZA	$S_{\bar{D}}^2$	142.357
	S_A^2	78.566
	S_P^2	47.500
DESV. ESTÁNDAR	$S_{\bar{D}}$	11.931
$T_{CALCULADA}$	T_C	21.182

E) Región de rechazo

Como $n = 5$ entonces los Grados de Libertad $(n - 1) = 4$ siendo su valor crítico.

$$\text{Valor crítico: } t_{\infty-0.05} = 2.132$$

La región de Rechazo consiste en aquellos valores de t mayores que 2.132

F) Conclusión:

El resultado final, es mayor que T_α , estando este valor dentro de la región de rechazo, entonces se rechaza H_0 y consecuentemente se acepta H_a . (Ver en Anexos, Figura 43)

Anexo 25: Prueba de la hipótesis para el indicador cuantitativo cantidad de soldadura depositada promedio observada al realizar el proceso de soldadura según posición 2G

A) Definición de las variables:

C_A : Cantidad de soldadura depositada según posición 2G con el sistema de trabajo actual. (gramos)

C_P : Cantidad de soldadura depositada según posición 2G con el aplicativo propuesto. (gramos)

B) Hipótesis estadísticas:

- **Hipótesis H_0 :** La cantidad de soldadura depositada según posición 2G con el sistema de trabajo actual, es menor que la cantidad de soldadura depositada según posición 2G con el aplicativo propuesto.

$$H_0 = C_A - C_P \leq 0$$

- **Hipótesis H_a :** La cantidad de soldadura depositada según posición 2G con el sistema de trabajo actual, es mayor que la cantidad de soldadura depositada según posición 2G con el aplicativo propuesto.

$$H_a = C_A - C_P > 0$$

C) Nivel de significancia:

Usando un nivel de significancia ($\alpha = 0.05$) del 5%. Por lo tanto, el nivel de confianza ($1 - \alpha = 0.95$) será del 95%.

D) Estadística de la prueba

Puesto que $n=5$ es pequeño, usaremos la distribución normal T (ver Anexo):

$$\bar{D} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n D_i = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (X_{1,i} - X_{2,i})$$

$$\bar{D} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n D_i = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (X_{1,i} - X_{2,i})$$

$$S_D^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (D_i - \bar{D})^2$$

$$T_c = \frac{\bar{D} - d_0}{\frac{S_D}{\sqrt{n}}}$$

Tabla 43: Cantidad de soldadura depositada promedio observada - Posición 2G

N° Patrón	2G							
	Cantidad (gr)		Diferencia		$X_i - X_{med}$		$(X_i - X_{med})^2$	
	SMAW	FCAW	d _i	(d _i - d _{med}) ²	SMAW	FCAW	SMAW	FCAW
1	230.91	352.50	-121.59	239.3209	-12.9700	2.5000	168.2209	6.2500
2	238.73	362.50	-123.78	311.6990	-5.1550	12.5000	26.5740	156.2500
3	238.80	352.50	-113.70	57.4564	-5.0800	2.5000	25.8064	6.2500
4	255.63	350.00	-94.38	137.9450	11.7450	0.0000	137.9450	0.0000
5	255.34	332.50	-77.16	838.6816	11.4600	-17.5000	131.3316	306.2500
TOTAL	1219.40	1750.00	-530.60	1585.1030			489.8780	475.0000
PROMEDIO	243.88	350.00	-106.12	317.0206			97.9756	95.0000

Todos los resultados obtenidos, tras el cálculo respectivo, se ordenaron en la siguiente tabla:

Tabla 44: Datos estadísticos de cantidad de soldadura depositada promedio observada - Posición 2G

Nivel Significancia	α	0.05
Nivel Confianza	$1 - \alpha$	0.95
$n_A = n_P =$	n	5
Grados de Libertad	n-1	4
T	T_α	2.132
	d ₀	0
PROMEDIO	\bar{D}	-106.120
	\bar{Q}_A	243.880
	\bar{Q}_P	350.000
VARIANZA	$S_{\bar{D}}^2$	396.276
	S_A^2	97.976
	S_P^2	95.000
DESV. ESTÁNDAR	$S_{\bar{D}}$	19.907
T _{CALCULADA}	T_C	-11.920

E) Región de rechazo

Como n = 5 entonces los Grados de Libertad (n – 1) = 4 siendo su valor crítico.

$$\text{Valor crítico: } t_{\infty-0.05} = 2.132$$

La región de Rechazo consiste en aquellos valores de t mayores que 2.132

F) Conclusión:

El resultado final, es menor que T_α , estando este valor dentro de la región de aceptación, entonces se acepta H_0 y consecuentemente se rechaza H_a . (Ver en Anexos, Figura 44)

Anexo 26: Prueba de la hipótesis para el indicador cuantitativo cantidad de soldadura depositada promedio observada al realizar el proceso de soldadura según posición 3G

A) Definición de las variables:

C_A : Cantidad de soldadura depositada según posición 3G con el sistema de trabajo actual. (gramos)

C_P : Cantidad de soldadura depositada según posición 3G con el aplicativo propuesto. (gramos)

B) Hipótesis estadísticas:

- **Hipótesis H_0 :** La cantidad de soldadura depositada según posición 3G con el sistema de trabajo actual, es menor que la cantidad de soldadura depositada según posición 3G con el aplicativo propuesto.

$$H_0 = C_A - C_P \leq 0$$

- **Hipótesis H_a :** La cantidad de soldadura depositada según posición 3G con el sistema de trabajo actual, es mayor que la cantidad de soldadura depositada según posición 3G con el aplicativo propuesto.

$$H_a = C_A - C_P > 0$$

C) Nivel de significancia:

Usando un nivel de significancia ($\alpha = 0.05$) del 5%. Por lo tanto, el nivel de confianza ($1 - \alpha = 0.95$) será del 95%.

D) Estadística de la prueba

Puesto que $n=5$ es pequeño, usaremos la distribución normal T (ver Anexo):

$$\bar{D} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n D_i = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (X_{1,i} - X_{2,i})$$

$$\bar{D} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n D_i = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (X_{1,i} - X_{2,i})$$

$$S_D^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (D_i - \bar{D})^2$$

$$T_c = \frac{\bar{D} - d_0}{\frac{S_D}{\sqrt{n}}}$$

Tabla 45: Cantidad de soldadura depositada promedio observada - Posición 3G

N° Patrón	3G							
	Cantidad (gr)		Diferencia		$X_i - X_{med}$		$(X_i - X_{med})^2$	
	SMAW	FCAW	d_i	$(d_i - d_{med})^2$	SMAW	FCAW	SMAW	FCAW
1	284.56	295.00	-10.44	8.7853	-2.0360	-5.0000	4.1453	25.0000
2	295.84	280.00	15.84	854.9191	9.2390	-20.0000	85.3591	400.0000
3	294.99	307.50	-12.51	0.7992	8.3940	7.5000	70.4592	56.2500
4	268.09	310.00	-41.91	812.5920	-18.5060	10.0000	342.4720	100.0000
5	289.51	307.50	-18.00	21.0773	2.9090	7.5000	8.4623	56.2500
TOTAL	1432.98	1500.00	-67.02	1698.1730			510.8980	637.5000
PROMEDIO	286.60	300.00	-13.40	339.6346			102.1796	127.5000

Todos los resultados obtenidos, tras el cálculo respectivo, se ordenaron en la siguiente tabla:

Tabla 46: Datos estadísticos de cantidad de soldadura depositada promedio observada - Posición 3G

Nivel Significancia	α	0.05
Nivel Confianza	$1 - \alpha$	0.95
$n_A = n_P =$	n	5
Grados de Libertad	$n-1$	4
T	T_α	2.132
	d_0	0
PROMEDIO	\bar{D}	-13.404
	\bar{Q}_A	286.596
	\bar{Q}_P	300.000
VARIANZA	$S_{\bar{D}}^2$	424.543
	S_A^2	102.180
	S_P^2	127.500
DESV. ESTÁNDAR	$S_{\bar{D}}$	20.604
$T_{CALCULADA}$	T_C	-1.455

E) Región de rechazo

Como $n = 5$ entonces los Grados de Libertad $(n - 1) = 4$ siendo su valor crítico.

$$\text{Valor crítico: } t_{\alpha-0.05} = 2.132$$

La región de Rechazo consiste en aquellos valores de t mayores que 2.132

F) Conclusión:

El resultado final, es menor que T_α , estando este valor dentro de la región de aceptación, entonces se acepta H_0 y consecuentemente se rechaza H_a . (Ver en Anexos, Figura 45)

Anexo 27: Prueba de la hipótesis para el indicador cuantitativo cantidad de soldadura depositada promedio observada al realizar el proceso de soldadura según posición 5G

A) Definición de las variables:

C_A : Cantidad de soldadura depositada según posición 5G con el sistema de trabajo actual. (gramos)

C_P : Cantidad de soldadura depositada según posición 5G con el aplicativo propuesto. (gramos)

B) Hipótesis estadísticas:

- **Hipótesis H_0 :** La cantidad de soldadura depositada según posición 5G con el sistema de trabajo actual, es menor que la cantidad de soldadura depositada según posición 5G con el aplicativo propuesto.

$$H_0 = C_A - C_P \leq 0$$

- **Hipótesis H_a :** La cantidad de soldadura depositada según posición 5G con el sistema de trabajo actual, es mayor que la cantidad de soldadura depositada según posición 5G con el aplicativo propuesto.

$$H_a = C_A - C_P > 0$$

C) Nivel de significancia:

Usando un nivel de significancia ($\alpha = 0.05$) del 5%. Por lo tanto, el nivel de confianza ($1 - \alpha = 0.95$) será del 95%.

D) Estadística de la prueba

Puesto que $n=5$ es pequeño, usaremos la distribución normal T (ver Anexo):

$$\bar{D} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n D_i = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (X_{1,i} - X_{2,i})$$

$$\bar{D} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n D_i = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (X_{1,i} - X_{2,i})$$

$$S_D^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (D_i - \bar{D})^2$$

$$T_c = \frac{\bar{D} - d_0}{\frac{S_D}{\sqrt{n}}}$$

Tabla 47: Cantidad de soldadura depositada promedio observada - Posición 5G

N° Patrón	5G							
	Cantidad (gr)		Diferencia		$X_i - X_{med}$		$(X_i - X_{med})^2$	
	SMAW	FCAW	d_i	$(d_i - d_{med})^2$	SMAW	FCAW	SMAW	FCAW
1	202.99	185.00	17.99	140.3277	-3.1540	-15.0000	9.9477	225.0000
2	202.75	215.00	-12.25	338.3392	-3.3940	15.0000	11.5192	225.0000
3	214.93	200.00	14.93	77.1938	8.7860	0.0000	77.1938	0.0000
4	204.48	215.00	-10.52	277.6889	-1.6640	15.0000	2.7689	225.0000
5	205.57	185.00	20.57	208.1095	-0.5740	-15.0000	0.3295	225.0000
TOTAL	1030.72	1000.00	30.72	1041.6591			101.7591	900.0000
PROMEDIO	206.14	200.00	6.14	208.3318			20.3518	180.0000

Todos los resultados obtenidos, tras el cálculo respectivo, se ordenaron en la siguiente tabla:

Tabla 48: Datos estadísticos de cantidad de soldadura depositada promedio observada - Posición 5G

Nivel Significancia	α	0.05
Nivel Confianza	$1 - \alpha$	0.95
$n_A = n_P =$	n	5
Grados de Libertad	$n-1$	4
T	T_α	2.132
	d_0	0
PROMEDIO	\bar{D}	6.144
	\bar{Q}_A	206.144
	\bar{Q}_P	200.000
VARIANZA	$S_{\bar{D}}^2$	260.415
	S_A^2	20.352
	S_P^2	180.000
DESV. ESTÁNDAR	$S_{\bar{D}}$	16.137
T _{CALCULADA}	T_C	0.851

E) Región de rechazo

Como $n = 5$ entonces los Grados de Libertad $(n - 1) = 4$ siendo su valor crítico.

$$\text{Valor crítico: } t_{\infty-0.05} = 2.132$$

La región de Rechazo consiste en aquellos valores de t mayores que 2.132

F) Conclusión:

El resultado final, es menor que T_α , estando este valor dentro de la región de aceptación, entonces se acepta H_0 y consecuentemente se rechaza H_a . (Ver en Anexos, Figura 46)

Anexo 28: Tiempos Suplementarios

Tensión Física provocada por la naturaleza del trabajo – Factor A

Tabla 49: Factor A1. Fuerza ejercida

A1	FUERZA EJERCIDA
DESCRIPCIÓN	
ESFUERZO REDUCIDO Cuando se desplaza el peso del cuerpo a fin de:	
Ejercer fuerza: p. ej., accionar un pedal, presionar un artículo con el cuerpo contra un disco de bruñir	
Sostener o transportar cargas bien equilibradas sujetas al cuerpo por fajas o colgadas de los hombros; los brazos y las manos están libres	
ESFUERZO MEDIANO Cuando el trabajo consiste principalmente en:	
Transportar o sostener cargas; Traspalar, martillar y otros movimientos rítmicos	
Esta categoría incluye la mayoría de las operaciones	
ESFUERZO INTENSO Cuando el trabajo consiste principalmente en:	
Levantar cargas; ejercer fuerza mediante el uso prolongado de determinados músculos de los dedos y brazos	
Levantar o sostener cargas en posturas difíciles, manipular cargas pesadas para colocarlas en posiciones difíciles	
Efectuar operaciones en ambientes calurosos, trabajar metales en caliente, etc	
En esta categoría, los suplementos por descanso deberían atribuirse sólo después de haber hecho todo lo posible por mejorar las instalaciones a fin de aliviar la tarea física	

Tabla 50: Factor A1. Esfuerzo bajo: Puntos para la fuerza ejercida

A1	TIPO DE ESFUERZO: BAJO O REDUCIDO									
Kg	0	0.5	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4	4.5
0	0	0	0	0	3	6	7	8	9	10
5	11	12	13	14	14	15	16	16	17	18
10	19	19	20	21	22	22	23	23	24	25
15	26	26	27	27	28	28	29	30	31	31
20	32	32	33	34	34	35	35	36	36	37
25	38	38	39	39	40	41	41	42	42	43
30	43	43	44	44	45	46	46	47	47	48
35	48	49	50	50	50	51	51	52	52	53
40	54	54	54	55	55	56	56	57	58	58
45	58	59	59	60	60	60	61	62	62	63
50	63	63	64	65	65	66	66	66	67	67
55	68	68	68	69	69	70	71	71	71	72
60	72	73	73	73	74	74	75	75	76	76
65	77	77	77	78	78	78	79	80	80	81
70	81	82	82	82	83	83	84	84	84	85

Tabla 51: Factor A1. Esfuerzo medio: Puntos para la fuerza ejercida

A1	TIPO DE ESFUERZO: MEDIO O MEDIANO									
Kg	0	0.5	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4	4.5
0	0	0	0	0	3	6	8	10	12	14
5	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
10	25	26	27	28	29	30	31	32	32	33
15	34	35	36	37	38	39	39	40	41	41
20	42	43	44	45	46	46	47	48	49	50
25	50	51	51	52	53	54	54	55	56	56
30	57	58	59	59	60	61	61	62	63	64
35	64	65	65	66	67	68	69	70	70	71
40	72	72	72	73	73	74	74	75	76	76
45	77	78	79	79	80	80	81	82	82	83
50	84	85	86	86	87	88	88	88	89	90
55	91	92	93	94	95	95	96	96	97	97
60	97	98	98	98	99	99	99	99	100	100
65	101	101	102	102	103	104	105	105	107	108
70	109	109	109	110	110	111	112	112	112	113

Tabla 52: Factor A1. Esfuerzo alto: Puntos para la fuerza ejercida

A1	TIPO DE ESFUERZO: ALTO O INTENSO										
Kg	0	0.5	1	1.5	1.5-2	2	2.5	3	3.5	4	4.5
0	0	0	0	3	6	8	11	13	15	17	18
5	20	21	22	24		25	27	28	29	30	32
10	33	34	35	37		38	39	40	41	43	44
15	45	46	47	48		49	50	51	52	54	55
20	56	57	58	59		60	61	62	63	64	65
25	66	67	68	69		70	71	72	73	74	75
30	76	76	77	78		79	80	81	82	83	84
35	85	86	87	88		88	89	90	91	92	93
40	94	94	95	96		97	98	99	100	101	101
45	102	103	104	105		105	106	107	108	109	110
50	110	111	112	113		114	115	115	116	117	118
55	119	119	120	121		122	123	124	124	125	126
60	127	128	128	129		130	130	131	132	133	134
65	135	136	136	137		137	138	139	140	141	142
70	142	143	143	144		145	146	147	148	148	149

Tabla 53: Factor A2. Postura

A2	POSTURA	
	DESCRIPCIÓN	PUNTOS
	Sentado cómodamente	0
	Sentado incómodamente	2
	A veces sentado y a veces de pie	2
	De pie o andando sin carga	4
	Subiendo o bajando escaleras sin cargas	5
	De pie o andando con carga	6
	Subiendo o bajando escaleras de mano	8
	Debiendo a veces inclinarse, levantarse, estirarse o arrojar objetos	8
	Levantando pesos con dificultad	10
	Debiendo constantemente inclinarse, levantarse, estirarse o arrojar objetos	12
	Extrayendo carbón con un zapapico, tumbado en veta baja	16
	Movimientos o posturas continuos y excesivamente forzados	16

Tabla 54: Factor A3. Vibraciones

A3	VIBRACIONES	
	DESCRIPCIÓN	PUNTOS
	Traspalar materiales ligeros	1
	Coser con máquina eléctrica o afín	2
	Sujetar el material con preña o guillotina	2
	Tronzar madera	4
	Traspalar balasto	4
	Trabajar con una taladradora mecánica portátil accionada con una sola mano	4
	Picar con zapapico	6
	Trabajar con una taladradora mecánica que exige las dos manos	8
	Trabajar con una radial eléctrica que exige las dos manos	8
	Emplear un martillo perforador sobre hormigón	15

Tabla 55: Factor A4. Ciclo breve

A4	CICLO BREVE (trabajo muy repetitivo)		
DESCRIPCIÓN			PUNTOS
c.d.m.	segundos	diezmilésimas	
16-17	9.6-10.2	26.66-28.33	1
15	9	25	2
13-14	7.8-8.4	21.66-23.33	3
12	7.2	20	4
10-11	6-6.6	16.66-18.33	5
8-9	4.8-5.4	13.33-15	6
7	4.2	11.66	7
6	3.6	10	8
5	3	8.33	9
menos de 5	menos de 3	menos de 8.33	10

Tabla 56: Factor A5. Ropa molesta

A5	ROPA MOLESTA	
DESCRIPCIÓN		PUNTOS
Guante de caucho para cirugía		1
Guantes de caucho de uso doméstico		2
Botas de caucho		2
Gafas protectoras para afilar		3
Gafas protectoras contra impactos		3
Casco de protección		4
Protección auditiva		4
Caretas de protección de soldadura		5
Guantes de caucho o piel de uso industrial		5
Peto y manoplas de protección de soldadura		6
Máscara (para pintar con pistola)		8
Traje de amianto o chaqueta encerada		15
Ropa de protección incómoda y mascarilla de respiración		20

Tensión Mental – Factor B

Tabla 57: Factor B1. Concentración/Ansiedad

B1	CONCENTRACIÓN/ANSIEDAD	
	DESCRIPCIÓN	PUNTOS
	Hacer un montaje corriente	0
	Traspalar balasto	0
	Hacer un embalaje corriente; lavar vehículos	1
	Empujar carrito por un pasillo despejado	1
	Rellenar de agua una batería	2
	Alimentar troquel de prensa sin tener que aproximar la mano a la presa	2
	Pintar paredes	3
	Coser a máquina con guía automática	4
	Juntar lotes pequeños y sencillos sin necesidad de prestar mucha atención	4
	Pasar con carrito recoger pedidos de almacén	5
	Hacer una inspección simple	5
	Cargar/descargar troquel de una prensa; alimentar la prensa a mano	6
	Pintar metal labrado con pistola	6
	Sumar cifras	7
	Inspeccionar componentes detallados	7
	Bruñir y pulir	8
	Coser a máquina guiando manualmente el trabajo	10
	Empaquetar bombones surtidos recordando de la presentación y efectuando la selección	10
	Montar trabajos demasiado complejos para ser automatizados	10
	Soldar piezas sujetas con una plantilla	10
	Conducir un autobús con tráfico intenso o neblina	15
	Marcas piezas con detalles de mucha precisión	15

Tabla 58: Factor B2. Monotonía

B2	MONOTONÍA	
	DESCRIPCIÓN	PUNTOS
	Efectuar de a dos un trabajo por encargo	0
	Limpiarse los zapatos solitariamente durante media hora	3
	Efectuar un trabajo repetitivo; efectuar un trabajo no repetitivo	5
	Hacer una inspección corriente	6
	Sumar columnas similares de cifras	8
	Efectuar solo un trabajo sumamente repetitivo	11

Tabla 59: Factor B3. Visual

B3	VISUAL	
	DESCRIPCIÓN	PUNTOS
	Efectuar un trabajo fabril normal	0
	Inspeccionar defectos fácilmente visibles; efectuar un trabajo fabril con mala luz	2
	Clasificar por colores artículos con colores distintivos	2
	Inspeccionar con intermitencias defectos de detalle	4
	Clasificar manzanas según su tamaño	4
	Leer el periódico en un autobús	8
	Soldar por arco con máscara	10
	Inspeccionar con la vista en forma continua, p. ej., los tejidos salidos del telar	10
	Hacer grabados utilizando un monóculo de aumento	14

Tabla 60: Factor B4. Ruido

B4	RUIDO	
	DESCRIPCIÓN	PUNTOS
	Trabajar en una oficina tranquila sin ruidos que distraigan	0
	Trabajar en un taller de pequeños montajes	0
	Trabajar en una oficina del centro de la ciudad oyendo continuamente el ruido del tráfico	1
	Trabajar en un taller de máquinas ligeras	2
	Trabajar en una oficina o taller donde el ruido distraiga la atención	2
	Trabajar en un taller de carpintería	4
	Hacer funcionar un martillo de vapor en una fragua	5
	Hacer remaches en un astillero	9
	Perforar pavimentos de carretera	10

Tensión Física o Mental provocada por la naturaleza de las condiciones de trabajo – Factor C

Tabla 61: Factor C1. Temperatura y Humedad

C1	TEMPERATURA Y HUMEDAD		
Humedad (por ciento)	TEMPERATURA		
	< 23°C	23° a 32°C	>32°C
Hasta 75	0	6-9	12-16
De 76 a 86	1-3	8-12	15-26
Más de 85	4-6	4-6	20-36

Tabla 62: Factor C2. Ventilación

C2	VENTILACIÓN	
	DESCRIPCIÓN	PUNTOS
	Oficinas	0
	Fábricas con ambiente físico similar al de una oficina	0
	Talleres con ventilación aceptable, pero con un poco de corriente de aire	1
	Talleres con corrientes de aire	3
	Sistema de cloacas	14

Tabla 63: Factor C3. Emanaciones de gases

C3	EMANACIONES DE GASES	
	DESCRIPCIÓN	PUNTOS
	Torno con líquido refrigerante	0
	Pintura en emulsión	1
	Corte con llama oxiacetilénica	1
	Soldar con resina	1
	Gases de vehículos de motor en un pequeño garaje comercial	5
	Pintura celulósica	6
	Trabajos de moldeados con metales	10

Tabla 64: Factor C4. Polvo

C4	POLVO	
	DESCRIPCIÓN	PUNTOS
	Trabajo de oficina	0
	Operaciones normales de montaje ligero	0
	Trabajo en taller de prensas	0
	Operaciones de rectificación y bruñido con un buen sistema de aspiración de aire	1
	Aserrar madera	2
	Evacuar cenizas	4
	Abrasión de soldadura	6
	Soplar piezas con aire comprimido	7
	Trasegar coque de tolvas a volcadores o a camiones	10
	Descargar cemento	11
	Demoler edificios	12

Tabla 65: Factor C5. Suciedad

C5	SUCIEDAD	
	DESCRIPCIÓN	PUNTOS
	Trabajo de oficina	0
	Operaciones normales de montaje	0
	Trabajo en taller de prensas	0
	Manejo de multicopias	1
	Barrido de polvo o basura	2
	Limpieza industrial de suelos de naves	3
	Recogida o retirada de escombros	3
	Desmontaje de motores de combustión interna	4
	Trabajo debajo de un vehículo de motor usado	5
	Descarga de sacos de cemento	7
	Extracción de carbón	10
	Deshollinado de chimeneas	10

Tabla 66: Factor C6. Presencia de agua

C6	PRESENCIA DE AGUA	
	DESCRIPCIÓN	PUNTOS
	Operaciones normales de fábrica	0
	Trabajo al aire libre	1
	Trabajos continuos en lugares húmedos	2
	Apomazado de paredes con agua	4
	Manipulación continua de productos mojados	5
	Trabajos con agua vapor	10
	Trabajos con suelo empapado	10
	Manos en contacto con el agua	10

Tabla 67: Tabla de conversión - Porcentaje de suplemento por descanso según el total de puntos atribuidos

PORCENTAJE DE SUPLEMENTO POR DESCANSO										
Puntos	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	10	10	10	10	10	10	10	11	11	11
10	11	11	11	11	11	12	12	12	12	12
20	13	13	13	13	14	14	14	14	15	15
30	15	16	16	16	17	17	17	18	18	18
40	19	19	20	20	21	21	22	22	23	23
50	24	24	25	26	26	27	27	28	28	29
60	30	30	31	32	32	33	34	34	35	36
70	37	37	38	39	40	40	41	42	43	44
80	45	46	47	48	48	49	50	51	52	53
90	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63
100	64	65	66	68	69	70	71	72	73	74
110	75	77	78	79	80	82	83	84	85	87
120	88	89	91	92	93	95	96	97	97	100
130	101	103	105	106	107	109	110	112	112	115
140	116	118	119	121	122	123	125	126	126	130

Tabla 68: Cálculo de suplementos por descanso

FACTOR	TIPO DE Tensión	GRADO			GRADO ASIGNADO	PUNTOS
		BAJO	MEDIANO	ALTO		
	Tensión FÍSICA					
A1	Fuerza ejercida en promedio	0-85	0-113	0-149	ALTO	15
A2	Postura	0-5	6-11	12-16	ALTO	12
A3	Vibraciones	0-4	5-10	11-15	MEDIANO	6
A4	Ciclo breve	0-3	4-6	7-10		
A5	Ropa molesta	0-4	5-12	13-20	MEDIANO	10
	Tensión MENTAL					
B1	Concentración o ansiedad	0-4	5-10	11-16	MEDIANO	10
B2	Monotonía	0-2	3-7	8-10	MEDIANO	5
B3	Tensión visual	0-5	6-11	12-20	MEDIANO	10
B4	Ruido	0-2	3-7	8-10	MEDIANO	4
	Tensión POR CONDICIONES DE TRABAJO					
C1	Temperatura					
	Humedad baja	0-5	6-11	12-16	BAJO	0
	Humedad mediana	0-5	6-14	15-26		
	Humedad alta	0-6	7-17	18-36		
C2	Ventilación	0-3	4-9	10-15	BAJO	0
C3	Emanaciones de gases	0-3	4-8	9-12	BAJO	3
C4	Polvo	0-3	4-8	9-12	BAJO	3
C5	Suciedad	0-2	3-6	7-10	BAJO	1
C6	Presencia de agua	0-2	3-6	7-10	BAJO	0
TOTAL DE PUNTOS						79
PORCENTAJE TOTAL SUPLEMENTOS POR DESCANSO					%	44
PORCENTAJE NECESIDADES PERSONALES					%	5.0
PORCENTAJE Tensión FÍSICA					%	21.2
PORCENTAJE Tensión MENTAL					%	14.3
PORCENTAJE Tensión POR CONDICIONES DE TRABAJO					%	3.5

Anexo 29: Tablas diversas

Tabla 69: Representación de varillas de soldadura en Kg - SMAW

TIPO	LONG. (electrodo)	CANT. (electrodo)	PESO TOTAL (Kg)	PESO/ELECTRODO (gr)
E6011	350 mm	38	1KG	26.32
E7018	350 mm	29	1KG	34.48

Tabla 70: Tiempos y pesos – SMAW & FCAW 2F

POSICIÓN	PROCESO	SECCIÓN	OPERACIÓN	ELECTRODO	DIÁMETRO	VOLTAJE	AMPERAJE	TIEMPO PROMEDIO (min)	CANTIDAD DEPOSITADA (gramos)	CANTIDAD DESPERDICIO (gramos)
2F	SMAW	1ER PASE (RAIZ)	1° cordón	E6011	1/8"	21	117	00:56	21.8	4.51
			bisel, electrodo					00:09		
			2° cordón					00:12	13.5	7.10
		2DO PASE	BISELADO				00:47			
			1° cordón	E7018	1/8"	22.4	138	01:00	28.6	5.91
			bisel, electrodo					00:16		
			2° cordón					00:58	28.6	5.91
			bisel, electrodo					00:12		
			3° cordón					00:10	6.9	4.60
			LIMPIEZA					00:20		
	TOTAL									
	FCAW	1ER PASE	1° cordón	E71T-1C	1.2mm	26.1	320.0	01:15	50.0	5.0
			LIMPIEZA					00:20		
	TOTAL							01:35	50	5.0

Tabla 71: Tiempos y pesos – SMAW & FCAW 3F

POSICIÓN	PROCESO	SECCIÓN	OPERACIÓN	ELECTRODO	DIÁMETRO	VOLTAJE	AMPERAJE	TIEMPO PROMEDIO (min)	CANTIDAD DEPOSITADA (gramos)	CANTIDAD DESPERDICIO (gramos)
3F	SMAW	1ER PASE (RAIZ)	1° cordón	E6011	1/8"	22	120	01:00	23.3	3.01
			bisel, electrodo					00:20		
			2° cordón					00:22	13.5	7.10
		2DO PASE	BISELADO					00:56		
			1° cordón	E7018	1/8"	22.5	140	01:05	28.6	5.91
			bisel, electrodo					00:11		
			2° cordón					00:59	29.6	4.93
			bisel, electrodo					00:09		
			3° cordón					00:22	12.8	4.49
			LIMPIEZA					00:25		
		TOTAL						05:49	107.7	25.43
	FCAW	1ER PASE	1° cordón	E71T-1C	1.2mm	25.0	320.0	01:32	50.0	5.0
			LIMPIEZA					00:15		
		TOTAL						01:47	50	5.0

Tabla 72: Tiempos y pesos – SMAW & FCAW 4F

POSICIÓN	PROCESO	SECCIÓN	OPERACIÓN	ELECTRODO	DIÁMETRO	VOLTAJE	AMPERAJE	TIEMPO PROMEDIO (min)	CANTIDAD DEPOSITADA (gramos)	CANTIDAD DESPERDICIO (gramos)
4F	SMAW	1ER PASE (RAIZ)	1° cordón	E6011	1/8"	21	117	01:00	23.3	3.01
			bisel, electrodo					00:19		
			2° cordón					00:20	13.9	6.56
		2DO PASE	BISELADO					00:56		
			1° cordón	E7018	1/8"	22.4	138	01:03	29.6	4.93
			bisel, electrodo					00:09		
			2° cordón					01:00	29.6	4.93
			bisel, electrodo					00:07		
			3° cordón					00:23	14.8	2.46
			LIMPIEZA					00:25		
		TOTAL							05:42	111.1
	FCAW	1ER PASE	1° cordón	E71T-1C	1.2mm	26.1	320.0	01:24	50.0	5.0
			LIMPIEZA					00:15		
	TOTAL							01:39	50	5.0

Tabla 73: Tiempos y pesos – SMAW & FCAW 1G

POSICIÓN	PROCESO	SECCIÓN	OPERACIÓN	ELECTRODO	DIÁMETRO	VOLTAJE	AMPERAJE	TIEMPO PROMEDIO (min)	CANTIDAD DEPOSITADA (gramos)	CANTIDAD DESPERDICIO (gramos)
1G	SMAW	1ER PASE (RAIZ)	BISELADO					00:50		
			1° cordón	E6011	1/8"	21	110	00:55	21.8	4.51
			bisel, electrodo					00:35		
			2° cordón					00:57	21.4	4.89
			bisel, electrodo					00:31		
			3° cordón					00:29	10.7	15.64
		2DO PASE	BISELADO					00:30		
			1° cordón	E7018	1/8"	22.4	135	00:55	29.6	4.93
			bisel, electrodo					00:30		
			2° cordón					00:57	29.1	5.42
			bisel, electrodo					00:27		
			3° cordón					00:58	28.6	5.91
		3ER PASE (ATRÁS)	BISELADO					02:42		
			1° cordón	E7018	1/8"	22.2	132	01:03	29.6	4.93
			bisel, electrodo					00:18		
			2° cordón					01:00	28.6	5.91
			bisel, electrodo					00:13		
			3° cordón					00:30	13.8	20.69
			LIMPIEZA					00:30		
		TOTAL						14:50	213.0	72.82
	FCAW	1ER PASE	BISELADO					00:50		
			1° cordón	E71T-1C	1.2mm	24.7	230.0	01:34	100.0	10.0
		2DO PASE (ATRÁS)	BISELADO					00:22		
			1° cordón					01:20		
			LIMPIEZA					00:30		
		TOTAL						04:36	100.0	10

Tabla 74: Tiempos y pesos – SMAW & FCAW 2G

POSICIÓN	PROCESO	SECCIÓN	OPERACIÓN	ELECTRODO	DIÁMETRO	VOLTAJE	AMPERAJE	TIEMPO PROMEDIO (min)	CANTIDAD DEPOSITADA (gramos)	CANTIDAD DESPERDICIO (gramos)
2G	SMAW	1ER PASE (RAIZ)	BISELADO					00:41		
			1° cordón	E6011	1/8"	21	100	01:04	23.7	2.63
			bisel, electrodo					00:51		
			2° cordón					01:07	22.6	3.76
			bisel, electrodo					00:46		
			3° cordón					00:56	20.3	6.01
		2DO PASE	BISELADO					00:42	.	
			1° cordón	E7018	1/8"	25.7	120	01:12	31.0	3.45
			bisel, electrodo					00:21		
			2° cordón					00:23	15.3	19.21
			bisel					00:30		
			3° cordón					01:07	31.0	3.45
			bisel, electrodo					00:14		
			4° cordón					00:34	15.3	19.21
		3ER PASE (ATRÁS)	BISELADO					03:11		
			1° cordón	E7018	1/8"	24.1	120	01:09	29.6	4.93
			bisel, electrodo					00:12		
			2° cordón					00:30	14.2	20.25
			bisel, electrodo					00:35		
			3° cordón					01:07	29.6	4.93
			bisel, electrodo					00:16		
			4° cordón					00:16	11.4	23.10
			LIMPIEZA					00:30		
		TOTAL						18:14	243.9	110.93
	FCAW	1ER PASE	BISELADO					00:41		
			1° cordón	E71T-1C	1.2mm	24.7	230.0	01:44	350.0	35.0
			bisel					00:27		
			2° cordón					00:56		
			bisel					00:38		
			3° cordón					00:52		
		2DO PASE (ATRÁS)	BISELADO					03:14		
			1° cordón					01:16		

			LIMPIEZA					00:30		
	TOTAL							10:18	350.0	35

Tabla 75: Tiempos y pesos – SMAW & FCAW 3G

POSICIÓN	PROCESO	SECCIÓN	OPERACIÓN	ELECTRODO	DIÁMETRO	VOLTAJE	AMPERAJE	TIEMPO PROMEDIO (min)	CANTIDAD DEPOSITADA (gramos)	CANTIDAD DESPERDICIO (gramos)
3G	SMAW	1ER PASE (RAÍZ)	BISELADO					00:45		
			1° cordón	E6011	1/8"	28	95	01:00	21.8	4.51
			bisel, electrodo					00:53		
			2° cordón					01:05	21.8	4.51
			bisel, electrodo					00:44		
			3° cordón					01:05	21.8	4.51
		2DO PASE	BISELADO					01:00		
			1° cordón	E7018	1/8"	22.5	95	01:15	31.0	3.45
			bisel, electrodo					00:27		
			2° cordón					01:06	29.6	4.93
			bisel, electrodo					00:26		
			3° cordón					01:22	29.6	4.93
			bisel, electrodo					00:19		
			4° cordón					01:03	31.0	3.45
		3ER PASE (ATRÁS)	BISELADO					00:58		
			1° cordón	E7018	1/8"	22.5	95	01:17	27.6	6.90
			bisel, electrodo					00:30		
			2° cordón					01:10	27.6	6.90
			bisel, electrodo					00:26		
			3° cordón					01:13	27.6	6.90
			bisel, electrodo					00:21		
			4° cordón					00:47	17.2	17.24
			LIMPIEZA					00:30		
		TOTAL						19:42	286.6	68.21

	FCAW	1ER PASE (RAIZ)	BISELADO					00:45		
			1° cordón	E71T-1C	1.2mm	22.5	195	01:08	300.0	30
			bisel					00:41		
			2° cordón					01:18		
			BISELADO					01:30		
		2DO PASE	1° cordón			20.5	232	00:37		
			bisel					01:10		
			2° cordón					02:10		
			BISELADO					01:30		
		3ER PASE (ATRÁS)	1° cordón					02:30		
			LIMPIEZA					00:30		
		TOTAL						13:49	300.0	30

Tabla 76: Tiempos y pesos – SMAW & FCAW 5G

POSICIÓN	PROCESO	SECCIÓN	OPERACIÓN	ELECTRODO	DIÁMETRO	VOLTAJE	AMPERAJE	TIEMPO PROMEDIO (min)	CANTIDAD DEPOSITADA (gramos)	CANTIDAD DESPERDICIO (gramos)	
5G	SMAW	1ER PASE (RAIZ)	BISELADO					00:55			
			1° cordón	E6011	1/8"	28	95	01:08	23.7	2.63	
			bisel, electrodo					00:47			
			2° cordón					00:59	19.9	6.39	
			bisel, electrodo					00:47			
			3° cordón					01:04	23.7	2.63	
			bisel, electrodo					00:42			
			4° cordón					00:51	17.7	8.65	
		2DO PASE	BISELADO					01:00			
			1° cordón	E7018	1/8"	22.5	95	01:15	31.0	3.45	
			bisel, electrodo					00:27			
			2° cordón					01:06	29.6	4.93	
			bisel, electrodo					00:26			
			3° cordón					01:22	29.6	4.93	
			bisel, electrodo					00:19			
			4° cordón					01:03	31.0	3.45	
		LIMPIEZA					00:30				
		TOTAL								14:41	206.1
	FCAW	1ER PASE	BISELADO	E71T-1C	1.2mm	24.7	230.0	00:41	200.0	20.0	
			1° cordón					01:44			
			bisel					00:27			
			2° cordón					00:56			
			bisel					00:38			
			3° cordón					00:52			
			LIMPIEZA						00:30		
	TOTAL							05:48	200.0	20	

Tabla 77: Resumen de tiempos empleados y cantidades consumidas

POSICIÓN	PROCESO	ELECTRODO	DIÁMETRO	TIEMPO (min)	CANTIDAD (gramos)	
				EMPLEADO	DEPOSITADA	DESPERDICIO
2F	SMAW	E6011	1/8"	01:17	35.34	11.61
		E7018	1/8"	03:43	64.04	16.42
	FCAW	E71T-1C	1.2mm	01:35	50.00	5.00
3F	SMAW	E6011	1/8"	01:42	36.84	10.11
		E7018	1/8"	04:07	70.88	15.32
	FCAW	E71T-1C	1.2mm	01:47	50.00	5.00
4F	SMAW	E6011	1/8"	01:39	37.22	9.57
		E7018	1/8"	04:03	73.89	12.31
	FCAW	E71T-1C	1.2mm	01:39	50.00	5.00
1G	SMAW	E6011	1/8"	04:17	53.91	25.04
		E7018	1/8"	10:33	159.11	47.78
	FCAW	E71T-1C	1.2mm	04:36	100.00	10.00
2G	SMAW	E6011	1/8"	05:25	66.54	12.41
		E7018	1/8"	12:49	177.34	98.52
	FCAW	E71T-1C	1.2mm	10:18	350.00	35.00
3G	SMAW	E6011	1/8"	05:32	65.42	13.53
		E7018	1/8"	14:10	221.18	54.68
	FCAW	E71T-1C	1.2mm	13:49	300.00	30.00
5G	SMAW	E6011	1/8"	07:13	84.962	20.30
		E7018	1/8"	07:28	121.182	16.75
	FCAW	E71T-1C	1.2mm	05:48	200.00	20.00

Tabla 78: Tiempo empleado por metro lineal según cada posición

POSICION	TIEMPO EMPLEADO (min)	
	SMAW	FCAW
2F	10:00	03:10
3F	11:38	03:34
4F	11:24	03:18
1G	29:40	09:12
2G	36:28	20:36
3G	39:24	27:38
5G	29:22	11:36

Tabla 79: Tiempo de arco empleado por metro lineal según cada posición

POSICION	TIEMPO EMPLEADO (min)	
	SMAW	FCAW
2F	06:32	02:30
3F	07:36	03:04
4F	07:32	02:48
1G	15:28	05:48
2G	18:50	09:36
3G	24:46	15:26
5G	17:36	07:04

Tabla 80: Cantidad de material consumido por metro lineal según cada posición

POSICION	MATERIAL CONSUMIDO (gr)	
	SMAW	FCAW
2F	254.81	110.00
3F	266.31	110.00
4F	265.99	110.00
1G	571.69	220.00
2G	709.62	770.00
3G	709.62	660.00
5G	486.39	440.00

Tabla 81: Cantidad en gramos de material consumido por metro lineal según cada posición con SMAW

POSICION	SMAW	
	E6011	E7018
2F	93.89	160.92
3F	93.89	172.41
4F	93.58	172.41
1G	157.89	413.79
2G	157.89	551.72
3G	157.89	551.72
5G	210.53	275.86

Tabla 82: Cantidad de material depositado y desperdiciado por metro lineal según cada posición con SMAW

POSICION	SMAW	
	MATERIAL DEPOSITADO (gr)	DESPERDICIO (gr)
2F	198.76	56.06
3F	215.45	50.86
4F	222.22	43.77
1G	426.05	145.64
2G	487.76	221.86
3G	573.19	136.43
5G	412.29	74.10

Tabla 83: Cantidad de material depositado y desperdiciado por metro lineal según cada posición con FCAW

POSICION	FCAW	
	MATERIAL DEPOSITADO (gr)	DESPERDICIO (gr)
2F	100.00	10.00
3F	100.00	10.00
4F	100.00	10.00
1G	200.00	20.00
2G	700.00	70.00
3G	600.00	60.00
5G	400.00	40.00

Tabla 84: Cantidad de juntas de soldadura expresados en metros lineales / tiempos normales / porcentajes

ITEM	DESCRIPCIÓN	POSICIÓN	CANTIDAD (m)	T. NORMAL ARCO (min)		T. NORMAL (min)		PORCENTAJE (%)
				SMAW	FCAW	SMAW	FCAW	
1	Secciones de Piso	2F	15.00	98:00	37:30	150:00	47:30	4.69%
2	Anillo en Concreto - Piso	2F	15.00	98:00	37:30	150:00	47:30	4.69%
3	Postes porta Tecles - Piso	2F	3.00	19:36	07:30	30:00	09:30	0.94%
4	Topes de Anillos - Piso	2F	1.00	06:32	02:30	10:00	03:10	0.31%
4	Secciones de 1er. Anillo	3G	4.50	111:27	69:27	177:18	124:21	1.41%
5	Secciones de Anillo rigidizador	1G	0.31	04:48	01:48	09:12	02:51	0.10%
		3G	0.31	07:41	04:47	12:13	08:34	0.10%
6	1er. Anillo - Anillo rigidizador	2F	14.16	92:31	35:24	141:36	44:50	4.42%
		4F	14.16	106:40	39:39	161:25	46:44	4.42%
7	Placa Base de Mástil - Fondo	2F	2.00	13:04	05:00	20:00	06:20	0.62%
8	Secciones de Mástil	1G	0.36	05:34	02:05	10:41	03:19	0.11%
9	Mástil - Placa Base de Mástil	2F	0.12	00:45	00:17	01:09	00:22	0.04%
10	Cartelas de Mástil - Placa Base	2F	0.36	02:21	00:54	03:36	01:08	0.11%
11	Secciones de Corona	1G	0.20	03:06	01:10	05:56	01:50	0.06%
12	Secciones de Vigas Rigidizadoras	1G	0.31	04:48	01:48	09:12	02:51	0.10%
		3G	0.31	07:41	04:47	12:13	08:34	0.10%
13	Vigas Rigidizadoras - 1er. Anillo	3F	2.25	17:06	06:54	26:11	08:01	0.70%
14	Corona porta Vigas Rigidizadoras	2F	2.25	14:42	05:37	22:30	07:07	0.70%
15	Secciones de Techo - Vigas	4F	4.50	33:54	12:36	51:18	14:51	1.41%
16	Secciones de Techo	2F	18.00	117:36	45:00	180:00	57:00	5.62%
		4F	18.00	135:36	50:24	205:12	59:24	5.62%
17	Techo - Anillo rigidizador	2F	14.31	93:30	35:46	143:06	45:19	4.47%
		4F	14.16	106:40	39:39	161:25	46:44	4.42%
18	Secciones de Desfogue	1G	0.72	11:08	04:11	21:22	06:37	0.22%
19	Placa Refuerzo Desfogue - Techo	2F	0.44	02:52	01:06	04:24	01:24	0.14%
20	Placa Refuerzo Desfogue - Desfogue	2F	0.35	02:17	00:52	03:30	01:06	0.11%
21	Cuello de ManHole SUP	1G	0.25	03:52	01:27	07:25	02:18	0.08%
22	Cuello de ManHole SUP - BRIDA	2F	3.84	25:05	09:36	38:24	12:10	1.20%
23	Secciones de Tapa Bridada SUP	1G	1.00	15:28	05:48	29:40	09:12	0.31%

24	Secciones de Placa Refuerzo SUP	1G	0.60	09:17	03:29	17:48	05:31	0.19%
25	Placa Refuerzo ManHole SUP (int)	5G	1.97	34:40	13:55	57:51	22:51	0.62%
26	Placa Refuerzo ManHole SUP (ext)	2F	3.20	20:54	08:00	32:00	10:08	1.00%
27	Cuello de ManHole SUP - Techo	4F	1.97	14:50	05:31	22:27	06:30	0.62%
28	Cuello de ManHole SUP - Placa de Refuerzo	2F	1.97	12:52	04:56	19:42	06:14	0.62%
29	Secciones de Carga	1G	0.35	05:25	02:02	10:23	03:13	0.11%
30	Placa Refuerzo Carga - 1er. Anillo	3F	0.44	03:21	01:21	05:07	01:34	0.14%
31	Placa Refuerzo Carga - Carga	3F	0.35	02:40	01:04	04:04	01:15	0.11%
32	Secciones de 2do. Anillo	3G	4.50	111:27	69:27	177:18	124:21	1.41%
33	1er. Anillo - 2do. Anillo	2G	14.14	266:18	135:45	515:38	291:17	4.42%
34	Secciones de 3er. Anillo	3G	4.50	111:27	69:27	177:18	124:21	1.41%
35	2do. Anillo - 3er. Anillo	2G	14.14	266:18	135:45	515:38	291:17	4.42%
36	Secciones de 4to. Anillo	3G	4.50	111:27	69:27	177:18	124:21	1.41%
37	3er. Anillo - 4to. Anillo	2G	14.14	266:18	135:45	515:38	291:17	4.42%
38	Secciones de 5to. Anillo	3G	4.50	111:27	69:27	177:18	124:21	1.41%
39	4to. Anillo - 5to. Anillo	2G	14.14	266:18	135:45	515:38	291:17	4.42%
40	5to. Anillo - Piso	2F	28.30	184:54	70:45	283:00	89:37	8.84%
41	Secciones de Descarga	1G	0.35	05:25	02:02	10:23	03:13	0.11%
42	Placa Refuerzo Descarga - 1er. Anillo	3F	0.44	03:21	01:21	05:07	01:34	0.14%
43	Placa Refuerzo Descarga - Descarga	3F	0.35	02:40	01:04	04:04	01:15	0.11%
44	Cuello de ManHole INF	1G	0.20	03:06	01:10	05:56	01:50	0.06%
45	Cuello de ManHole INF - BRIDA	2F	3.84	25:05	09:36	38:24	12:10	1.20%
46	Secciones de Tapa Bridada INF	1G	1.00	15:28	05:48	29:40	09:12	0.31%
47	Secciones de Placa Refuerzo INF	1G	1.50	23:12	08:42	44:30	13:48	0.47%
48	Placa Refuerzo ManHole INF (int)	5G	1.92	33:48	13:34	56:23	22:16	0.60%
49	Placa Refuerzo ManHole INF (ext)	2F	1.68	10:59	04:12	16:48	05:19	0.52%
		3F	0.98	07:27	03:00	11:24	03:30	0.31%
		4F	1.68	12:39	04:42	19:09	05:33	0.52%
50	Cuello de ManHole INF - 5to. Anillo	2F	0.48	03:08	01:12	04:48	01:31	0.15%
		3F	0.96	07:18	02:57	11:10	03:25	0.30%
		4F	0.48	03:37	01:21	05:28	01:35	0.15%
51	Cuello de ManHole INF - Placa de Refuerzo	2F	0.48	03:08	01:12	04:48	01:31	0.15%
		3F	0.96	07:18	02:57	11:10	03:25	0.30%

		4F	0.48	03:37	01:21	05:28	01:35	0.15%
52	Azas de ManHole SUP	2F	0.20	01:18	00:30	02:00	00:38	0.06%
53	Azas de ManHole INF	2F	0.20	01:18	00:30	02:00	00:38	0.06%
54	Peldaño Escalera de Gato - Anillos	3F	12.00	91:12	36:48	139:36	42:48	3.75%
55	Maniobras y Apuntalamientos	2F	10.00	65:20	25:00	100:00	31:40	3.12%
		3F	10.00	76:00	30:40	116:20	35:40	3.12%
		4F	5.00	37:40	14:00	57:00	16:30	1.56%
56	Cambio de alambre	6 unidades				00:00	30:00	
57	Cambio de gas	3 unidades				00:00	22:30	
TOTAL			320.06	3406:16	1576:30	5724:43	2713:12	100.00%

Tabla 85: Porcentaje de metros lineales de juntas de soldadura según tipo de posición

POSICIÓN	PORCENTAJE	MILÍMETRO	METRO
2F	43.80%	140175	140.18
3F	8.98%	28730	28.73
4F	18.88%	60430	60.43
1G	2.23%	7150	7.15
2G	17.67%	56560	56.56
3G	7.22%	23120	23.12
5G	1.22%	3890	3.89
TOTAL	100.00%	320055	320.06

Tabla 86: Cantidad de tiempo normal / tiempos suplementarios / tiempo estándar

TIEMPO NORMAL		SMAW	FCAW	Unidad
Tiempo total de arco		3406:16	1576:30	minutos
		56.77	26.28	horas
Tiempo empleado		5724:43	2713:12	minutos
		95.41	45.22	horas
TIEMPOS SUPLEMENTARIOS		SMAW	FCAW	Unidad
Necesidades personales	5%	4.77	2.26	horas
Fatiga	39%	37.21	17.64	horas
Especiales	1%	0.95	0.45	horas
TOTAL	45%	42.94	20.35	horas
TIEMPO ESTÁNDAR		SMAW	FCAW	Unidad
Tiempo total		138.35	65.57	horas

Tabla 87: Resumen de tiempos totales

TIEMPOS	SMAW	FCAW	Unidad
Tiempo total de arco	56.77	26.28	horas
Tiempo de biselado y limpieza	38.64	18.94	horas
Necesidades personales	4.77	2.26	horas
Fatiga	33.39	15.83	horas
Especiales	4.77	2.26	horas
TOTAL	138.35	65.57	horas

Tabla 88: Cantidad de juntas de soldadura expresados en metros lineales / tiempos estándar / porcentajes

ITEM	DESCRIPCIÓN	POSICIÓN	CANTIDAD (m)	T. ESTÁNDAR (min)		T. ESTÁNDAR (min) UND		PORCENTAJE (%)
				SMAW	FCAW	SMAW	FCAW	
1	Secciones de Piso	2F	15.00	217:30	68:52	217.50	68.88	4.69%
2	Anillo en Concreto - Piso	2F	15.00	217:30	68:52	217.50	68.88	4.69%
3	Postes porta Tecles - Piso	2F	3.00	43:30	13:46	43.50	13.78	0.94%
4	Topes de Anillos - Piso	2F	1.00	14:30	04:35	14.50	4.59	0.31%
4	Secciones de 1er. Anillo	3G	4.50	257:05	180:18	257.09	180.31	1.41%
5	Secciones de Anillo rigidizador	1G	0.31	13:20	04:08	13.34	4.14	0.10%
		3G	0.31	17:43	12:25	17.71	12.42	0.10%
6	1er. Anillo - Anillo rigidizador	2F	14.16	205:19	65:01	205.32	65.02	4.42%
		4F	14.16	234:04	67:45	234.06	67.76	4.42%
7	Placa Base de Mástil - Fondo	2F	2.00	29:00	09:11	29.00	9.18	0.62%
8	Secciones de Mástil	1G	0.36	15:29	04:48	15.49	4.80	0.11%
9	Mástil - Placa Base de Mástil	2F	0.12	01:40	00:32	1.67	0.53	0.04%
10	Cartelas de Mástil - Placa Base	2F	0.36	05:13	01:39	5.22	1.65	0.11%
11	Secciones de Corona	1G	0.20	08:36	02:40	8.60	2.67	0.06%
12	Secciones de Vigas Rigidizadoras	1G	0.31	13:20	04:08	13.34	4.14	0.10%
		3G	0.31	17:43	12:25	17.71	12.42	0.10%
13	Vigas Rigidizadoras - 1er. Anillo	3F	2.25	37:57	11:38	37.95	11.64	0.70%
14	Corona porta Vigas Rigidizadoras	2F	2.25	32:37	10:20	32.63	10.33	0.70%
15	Secciones de Techo - Vigas	4F	4.50	74:23	21:32	74.39	21.53	1.41%
16	Secciones de Techo	2F	18.00	261:00	82:39	261.00	82.65	5.62%
		4F	18.00	297:32	86:08	297.54	86.13	5.62%
17	Techo - Anillo rigidizador	2F	14.31	207:30	65:42	207.50	65.71	4.47%
		4F	14.16	234:04	67:45	234.06	67.76	4.42%
18	Secciones de Desfogue	1G	0.72	30:58	09:36	30.97	9.60	0.22%
19	Placa Refuerzo Desfogue - Techo	2F	0.44	06:23	02:01	6.38	2.02	0.14%
20	Placa Refuerzo Desfogue - Desfogue	2F	0.35	05:05	01:36	5.08	1.61	0.11%
21	Cuello de ManHole SUP	1G	0.25	10:45	03:20	10.75	3.34	0.08%
22	Cuello de ManHole SUP - BRIDA	2F	3.84	55:41	17:38	55.68	17.63	1.20%
23	Secciones de Tapa Bridada SUP	1G	1.00	43:01	13:20	43.02	13.34	0.31%

24	Secciones de Placa Refuerzo SUP	1G	0.60	25:49	08:00	25.81	8.00	0.19%
25	Placa Refuerzo ManHole SUP (int)	5G	1.97	83:53	33:08	83.89	33.14	0.62%
26	Placa Refuerzo ManHole SUP (ext)	2F	3.20	46:24	14:42	46.40	14.69	1.00%
27	Cuello de ManHole SUP - Techo	4F	1.97	32:34	09:26	32.56	9.43	0.62%
28	Cuello de ManHole SUP - Placa de Refuerzo	2F	1.97	28:34	09:03	28.57	9.05	0.62%
29	Secciones de Carga	1G	0.35	15:03	04:40	15.06	4.67	0.11%
30	Placa Refuerzo Carga - 1er. Anillo	3F	0.44	07:25	02:17	7.42	2.28	0.14%
31	Placa Refuerzo Carga - Carga	3F	0.35	05:54	01:49	5.90	1.81	0.11%
32	Secciones de 2do. Anillo	3G	4.50	257:05	180:18	257.09	180.31	1.41%
33	1er. Anillo - 2do. Anillo	2G	14.14	747:41	422:22	747.68	422.36	4.42%
34	Secciones de 3er. Anillo	3G	4.50	257:05	180:18	257.09	180.31	1.41%
35	2do. Anillo - 3er. Anillo	2G	14.14	747:41	422:22	747.68	422.36	4.42%
36	Secciones de 4to. Anillo	3G	4.50	257:05	180:18	257.09	180.31	1.41%
37	3er. Anillo - 4to. Anillo	2G	14.14	747:41	422:22	747.68	422.36	4.42%
38	Secciones de 5to. Anillo	3G	4.50	257:05	180:18	257.09	180.31	1.41%
39	4to. Anillo - 5to. Anillo	2G	14.14	747:41	422:22	747.68	422.36	4.42%
40	5to. Anillo - Piso	2F	28.30	410:21	129:57	410.35	129.94	8.84%
41	Secciones de Descarga	1G	0.35	15:03	04:40	15.06	4.67	0.11%
42	Placa Refuerzo Descarga - 1er. Anillo	3F	0.44	07:25	02:17	7.42	2.28	0.14%
43	Placa Refuerzo Descarga - Descarga	3F	0.35	05:54	01:49	5.90	1.81	0.11%
44	Cuello de ManHole INF	1G	0.20	08:36	02:40	8.60	2.67	0.06%
45	Cuello de ManHole INF - BRIDA	2F	3.84	55:41	17:38	55.68	17.63	1.20%
46	Secciones de Tapa Bridada INF	1G	1.00	43:01	13:20	43.02	13.34	0.31%
47	Secciones de Placa Refuerzo INF	1G	1.50	64:32	20:01	64.53	20.01	0.47%
48	Placa Refuerzo ManHole INF (int)	5G	1.92	81:45	32:18	81.76	32.29	0.60%
49	Placa Refuerzo ManHole INF (ext)	2F	1.68	24:22	07:43	24.36	7.71	0.52%
		3F	0.98	16:32	05:04	16.53	5.07	0.31%
		4F	1.68	27:46	08:02	27.77	8.04	0.52%
50	Cuello de ManHole INF - 5to. Anillo	2F	0.48	06:58	02:12	6.96	2.20	0.15%
		3F	0.96	16:12	04:58	16.19	4.96	0.30%
		4F	0.48	07:56	02:18	7.93	2.30	0.15%
51	Cuello de ManHole INF - Placa de Refuerzo	2F	0.48	06:58	02:12	6.96	2.20	0.15%
		3F	0.96	16:12	04:58	16.19	4.96	0.30%

		4F	0.48	07:56	02:18	7.93	2.30	0.15%
52	Azas de ManHole SUP	2F	0.20	02:54	00:55	2.90	0.92	0.06%
53	Azas de ManHole INF	2F	0.20	02:54	00:55	2.90	0.92	0.06%
54	Peldaño Escalera de Gato - Anillos	3F	12.00	202:25	62:04	202.42	62.06	3.75%
55	Maniobras y Apuntalamientos	2F	10.00	145:00	45:55	145.00	45.92	3.12%
		3F	10.00	168:41	51:43	168.68	51.72	3.12%
		4F	5.00	82:39	23:55	82.65	23.93	1.56%
56	Cambio de alambre	6 unidades		00:00	43:30	0.00	43.50	
57	Cambio de gas	3 unidades		00:00	32:37	0.00	32.63	
TOTAL			320.06	8300:50	3934:08	8300.83	3934.14	100.00%

Tabla 89: Tiempo empleado, cantidad de material consumido y desperdiciado en proyecto de fabricación de tanque, según cada posición

POSICIÓN	CANTIDAD		TIEMPO ARCO				TIEMPO ESTÁNDAR				MATERIAL CONSUMIDO		MATERIAL DEPOSITADO	
	PORCENTAJE	METROS	MINUTOS		HORAS		MINUTOS		HORAS		GRAMOS		GRAMOS	
			SMAW	FCAW	SMAW	FCAW	SMAW	FCAW	SMAW	FCAW	SMAW	FCAW	SMAW	FCAW
2F	43.80%	140.18	915:49	350:26	15:15:49	5:50:26	2032:32	643:38	33:52:32	10:43:38	35718.57	15419.25	27860.62	14017.50
3F	8.98%	28.73	218:21	88:06	3:38:21	1:28:06	484:38	148:35	8:04:38	2:28:35	7651.04	3160.30	6189.82	2873.00
4F	18.88%	60.43	455:14	169:12	7:35:14	2:49:12	998:54	289:09	16:38:54	4:49:09	16073.93	6647.30	13428.75	6043.00
1G	2.23%	7.15	110:35	41:28	1:50:35	0:41:28	307:34	95:23	5:07:34	1:35:23	4087.57	1573.00	3046.24	1430.00
2G	17.67%	56.56	1065:13	542:59	17:45:13	9:02:59	2990:42	1689:27	49:50:42	28:09:27	40136.04	43551.20	27587.71	39592.00
3G	7.22%	23.12	572:36	356:49	9:32:36	5:56:49	1320:51	926:23	22:00:51	15:26:23	16406.39	15259.20	13252.20	13872.00
5G	1.22%	3.89	68:28	27:29	1:08:28	0:27:29	165:39	65:26	2:45:39	1:05:26	1892.05	1711.60	1603.80	1556.00
C. Alambre								43:30		0:43:30				
C. Gas								32:37		0:32:37				
TOTAL	100.00%	320.06	3406:16	1576:30	56:46:16	26:16:30	8300:50	3934:08	138:20:50	65:34:08	121965.59	87321.85	92969.15	79383.50
TOTAL	100.00%	320.06	3406.27	1576.50	56.77	26.28	8300.83	3934.14	138.35	65.57	121965.59	87321.85	92969.15	79383.50

Tabla 90: Cantidad de material consumido y depositado en proyecto de fabricación de tanque, según cada posición, expresado en kilogramos

POSICIÓN	MATERIAL CONSUMIDO (KG)		MATERIAL DEPOSITADO (KG)	
	SMAW	FCAW	SMAW	FCAW
2F	35.72	15.42	27.86	14.02
3F	7.65	3.16	6.19	2.87
4F	16.07	6.65	13.43	6.04
1G	4.09	1.57	3.05	1.43
2G	40.14	43.55	27.59	39.59
3G	16.41	15.26	13.25	13.87
5G	1.89	1.71	1.60	1.56
TOTAL	121.97	87.32	92.97	79.38

Tabla 91: Cantidad y tipo de material consumido con SMAW en proyecto de fabricación de tanque, según cada posición, expresado en kilogramos

POSICIÓN	MATERIAL CONSUMIDO (KG)	
	E6011	E7018
2F	13.16	22.56
3F	2.70	4.95
4F	5.65	10.42
1G	1.13	2.96
2G	8.93	31.21
3G	3.65	12.76
5G	0.82	1.07
TOTAL	36.04	85.92

Tabla 92: Parámetros totales para cálculo de indicadores

PARÁMETROS TOTALES PARA CÁLCULO DE INDICADORES			
DESCRIPCIÓN	UND	SMAW	FCAW
Peso de material consumido	Kg	121.97	87.32
Peso de material depositado	Kg	92.97	79.38
Tiempo de finalización de junta	Horas	138.35	65.57
Tiempo de arco	Horas	56.77	26.28
Tiempos muertos	Horas	81.58	39.29

Tabla 93: Parámetros de SMAW para cálculo de indicadores

SMAW								
DESCRIPCIÓN	PARÁMETROS PARA CÁLCULO DE INDICADORES							
	UND	2F	3F	4F	1G	2G	3G	5G
Peso de material consumido	Kg	35.72	7.65	16.07	4.09	40.14	16.41	1.89
Peso de material depositado	Kg	27.86	6.19	13.43	3.05	27.59	13.25	1.60
Tiempo de finalización de junta	Horas	33.88	8.08	16.65	5.13	49.85	22.01	2.76
Tiempo de arco	Horas	15.26	3.64	7.59	1.84	17.75	9.54	1.14
Tiempos muertos	Horas	18.61	4.44	9.06	3.28	32.09	12.47	1.62
DESCRIPCIÓN	INDICADORES DEL PROCESO DE SOLDADURA SMAW							
	UND	2F	3F	4F	1G	2G	3G	5G
Eficiencia de deposición	%	0.780	0.809	0.835	0.745	0.687	0.808	0.848
Tasa de deposición	kg/hora	1.825	1.701	1.770	1.653	1.554	1.389	1.406
Tasa de deposición en producción	kg/hora	0.822	0.766	0.807	0.594	0.553	0.602	0.581
Factor de operación	%	0.451	0.451	0.456	0.360	0.356	0.434	0.413

Tabla 94: Parámetros de FCAW para cálculo de indicadores

FCAW								
DESCRIPCIÓN	PARÁMETROS PARA CÁLCULO DE INDICADORES							
	UND	2F	3F	4F	1G	2G	3G	5G
Peso de material consumido	Kg	15.42	3.16	6.65	1.57	43.55	15.26	1.71
Peso de material depositado	Kg	14.02	2.87	6.04	1.43	39.59	13.87	1.56
Tiempo de finalización de junta	Horas	10.73	2.48	4.82	1.59	28.16	15.44	1.09
Tiempo de arco	Horas	5.84	1.47	2.82	0.69	9.05	5.95	0.46
Tiempos muertos	Horas	4.89	1.01	2.00	0.90	19.11	9.49	0.63
DESCRIPCIÓN	INDICADORES DEL PROCESO DE SOLDADURA FCAW							
	UND	2F	3F	4F	1G	2G	3G	5G
Eficiencia de deposición	%	0.909	0.909	0.909	0.909	0.909	0.909	0.909
Tasa de deposición	kg/hora	2.400	1.957	2.143	2.069	4.375	2.333	3.396
Tasa de deposición en producción	kg/hora	1.307	1.160	1.254	0.900	1.406	0.898	1.427
Factor de operación	%	0.544	0.593	0.585	0.435	0.321	0.385	0.420

Tabla 95: Nivel de impacto de parámetros totales obtenidos

NIVEL DE IMPACTO DE PARÁMETROS TOTALES OBTENIDOS						
DESCRIPCIÓN	UND	SMAW		FCAW		TASA DE VARIACIÓN
Peso de material consumido	Kg	121.97	100.00%	87.32	71.60%	28.40%
Peso de material depositado	Kg	92.97	100.00%	79.38	85.39%	14.61%
Tiempo de finalización de junta	Horas	138.35	100.00%	65.57	47.39%	52.61%
Tiempo de arco	Horas	56.77	100.00%	26.28	46.28%	53.72%
Tiempos muertos	Horas	81.58	100.00%	39.29	48.17%	51.83%

Tabla 96: Nivel de impacto de indicadores totales de procesos de soldadura

NIVEL DE IMPACTO DE INDICADORES TOTALES DE PROCESOS DE SOLDADURA									
DESCRIPCIÓN			2F	3F	4F	1G	2G	3G	5G
Eficiencia de deposición	%	SMAW	0.78	0.81	0.84	0.75	0.69	0.81	0.85
		FCAW	0.91	0.91	0.91	0.91	0.91	0.91	0.91
	Variación		16.55%	12.37%	8.82%	21.99%	32.26%	12.55%	7.25%
Tasa de deposición	kg/hora	SMAW	1.83	1.70	1.77	1.65	1.55	1.39	1.41
		FCAW	2.40	1.96	2.14	2.07	4.38	2.33	3.40
	Variación		31.48%	15.03%	21.07%	25.18%	181.54%	67.98%	141.63%
Tasa de deposición en producción	kg/hora	SMAW	0.82	0.77	0.81	0.59	0.55	0.60	0.58
		FCAW	1.31	1.16	1.25	0.90	1.41	0.90	1.43
	Variación		58.88%	51.39%	55.46%	51.37%	154.05%	49.25%	145.62%
Factor de operación	%	SMAW	0.45	0.45	0.46	0.36	0.36	0.43	0.41
		FCAW	0.54	0.59	0.59	0.43	0.32	0.39	0.42
	Variación		20.84%	31.61%	28.40%	20.92%	-9.77%	-11.15%	1.65%

Tabla 97: Operaciones realizadas durante montaje de tanque de almacenamiento

PROCESO	OPERACIONES		
	I CATEGORÍA	II CATEGORÍA	III CATEGORÍA
MONTAJE DE TANQUE DE ALMACENAMIENTO	ARMADO	INSPECCIÓN	LIMPIEZA
		MANIOBRAS	INSPECCIÓN
		APUNTALAMIENTOS	
	SOLDADURA	PINTURA DE ACABADO	LIMPIEZA
			RETOQUE DE PINTURA ANTICORROSIVA
			INSPECCIÓN
			RETOQUE DE PINTURA ACABADO
		LIMPIEZA	

Tabla 98: Costos detalles personal / equipos /gastos generales - SMAW

COSTOS ABIERTOS - DETALLES PERSONAL / EQUIPOS /GASTOS GENERALES								
RELACIÓN DE SALARIOS								
CARGOS				N° de personas	N° HH	SALARIO (S/./HH)		TOTAL
Calderero Montajista				1	202.00	S/	11.54	S/ 2,330.77
Soldador				1	202.00	S/	11.54	S/ 2,330.77
Operario Montacarguista				1	202.00	S/	10.10	S/ 2,039.42
Operario Montajista				1	202.00	S/	8.08	S/ 1,631.54
Operario Montajista				1	202.00	S/	8.08	S/ 1,631.54
Subtotal - Mano de Obra								S/ 9,964.04
EQUIPOS Y HERRAMIENTAS QUE SERÁN UTILIZADOS DURANTE LA OPERACIÓN (SÓLO INTERVINIENTES EN SOLDADURA)								
DESCRIPCIÓN DE EQUIPOS	FABRICANTE	MODELO	IMPLEMENTOS	P. UNITARIO	HORAS	CANTIDAD	COSTO DE EQUIPO NUEVO (unid)	RACIONAL EQUIP.
Máquina de soldar	MILLER	XMT-350		6.66	202.00	1	S/ 13,000.00	S/ 1,345.29
Amoladora de 9"	De Walt			0.96	202.00	1	S/ 700.00	S/ 194.23
Amoladora de 4 1/2"	De Walt			0.57	202.00	2	S/ 280.00	S/ 115.90
Elementos de izaje				5.00	202.00	1		S/ 1,010.00
Herramientas varias				3.00	202.00	1		S/ 606.00
Subtotal - Equipos y Herramientas								S/ 3,271.42
CONSUMIBLES QUE SERÁN UTILIZADOS DURANTE LA OPERACIÓN (SÓLO SODADURA)								
DESCRIPCIÓN DE MATERIAL	OBSERVACIONES			U.M.	CANTIDAD	P. UNITARIO		P. TOTAL
Soldadura E6011 1/8" (Gricon 290)	Soldadura celulósica en presentación x 20kg			kg	40	11.70		S/ 468.00
Soldadura E7018 1/8" (Gricon 15)	Soldadura de bajo contenido de hidrógeno en presentación x 20kg			kg	100	11.70		S/ 1,170.00
Subtotal - Consumibles								S/ 1,638.00
COSTOS INDIRECTOS Y GASTOS GENERALES								
CARGOS				N° de personas / Tipo	N° HH / Cant.	SALARIO (S/./HH) / Costo Unit.		TOTAL
Supervisor de Seguridad y Producción				1	202.00	S/	16.83	S/ 3,399.04
Gastos de Alimentación				días	156.00	S/	6.00	S/ 936.00
Gastos de Administrativos				glb	1.00	S/	2,000.00	S/ 2,000.00
Subtotal - Gastos Generales								S/ 6,335.04
TOTAL DE GASTOS QUE GUARDAN RELACIÓN CON PROCESO DE SOLDADURA SMAW								S/ 21,208.50

Tabla 99: Costos detalles personal / equipos /gastos generales - FCAW

COSTOS ABIERTOS - DETALLES PERSONAL / EQUIPOS /GASTOS GENERALES								
RELACIÓN DE SALARIOS								
CARGOS				N° de personas	N° HH	SALARIO (S/./HH)		TOTAL
Calderero Montajista				1	129.00	S/	11.54	S/ 1,488.46
Soldador				1	129.00	S/	14.42	S/ 1,860.58
Operario Montacarguista				1	129.00	S/	10.10	S/ 1,302.40
Operario Montajista				1	129.00	S/	8.08	S/ 1,041.92
Operario Montajista				1	129.00	S/	8.08	S/ 1,041.92
Subtotal - Mano de Obra								S/ 6,735.29
EQUIPOS Y HERRAMIENTAS QUE SERÁN UTILIZADOS DURANTE LA OPERACIÓN (SÓLO INTERVINIENTES EN SOLDADURA)								
DESCRIPCIÓN DE EQUIPOS	FABRICANTE	MODELO	IMPLEMENTOS	P. UNITARIO	HORAS	CANTIDAD	COSTO DE EQUIPO NUEVO (unid)	RACIONAL EQUIP.
Máquina de soldar	MILLER	XMT-350		6.66	129.00	1	S/ 13,000.00	S/ 859.12
Alimentador de alambre tubular	MILLER	X-treme 12VS		3.33	129.00	1	S/ 6,500.00	S/ 429.56
Flujómetro de CO2				0.31	129.00	1	S/ 150.00	S/ 39.65
Antorcha MIG/MAG	Profax	m400		0.91	129.00	1	S/ 660.00	S/ 116.95
Amoladora de 9"	De Walt			0.96	129.00	1	S/ 700.00	S/ 124.04
Amoladora de 4 1/2"	De Walt			0.57	129.00	2	S/ 280.00	S/ 74.02
Elementos de izaje				5.00	129.00	1		S/ 645.00
Herramientas varias				3.00	129.00	1		S/ 387.00
Subtotal - Equipos y Herramientas								S/ 2,675.34
CONSUMIBLES QUE SERÁN UTILIZADOS DURANTE LA OPERACIÓN (SÓLO SODADURA)								
DESCRIPCIÓN DE MATERIAL	OBSERVACIONES			U.M.	CANTIDAD	P. UNITARIO		P. TOTAL
Soldadura E71T-1C (Primacore LW71)	Soldadura con núcleo fundente en presentación de rollo x 15kg			kg	105	S/	11.27	S/ 1,183.35
Gas CO2	Gas 100% CO2			lt	100	S/	5.83	S/ 583.00
Anti Spatter	Spray NOZZLE KLEEN N#2 para evitar salpicaduras			und	5	S/	19.50	S/ 97.50
Punta de Contacto 1.2 mm 14H45				und	10	S/	3.00	S/ 30.00
Gas Difusor 54A				und	1	S/	8.50	S/ 8.50
Punta de Tobera 5/8 24CT-62S				und	2	S/	22.00	S/ 44.00
Cuerpo de Tobera 34CT				und	1	S/	31.00	S/ 31.00
Linner 0.8 - 1.2mm				und	1	S/	50.00	S/ 50.00
Subtotal - Consumibles								S/ 2,027.35

COSTOS INDIRECTOS Y GASTOS GENERALES				
CARGOS	Nº de personas / Tipo	Nº HH / Cant.	SALARIO (S/./HH) / Costo Unit.	TOTAL
Supervisor de Seguridad y Producción	1	129.00	S/ 16.83	S/ 2,170.67
Gastos de Alimentación	días	102.00	S/ 6.00	S/ 612.00
Gastos de Administrativos	glb	1.00	S/ 1,500.00	S/ 1,500.00
Subtotal - Gastos Generales				S/ 4,282.67
TOTAL DE GASTOS QUE GUARDAN RELACIÓN CON PROCESO DE SOLDADURA FCAW				S/ 15,720.65

Tabla 100: Indicadores de costos por metro lineal – SMAW & FCAW

ABREV	DESCRIPCION	UNIDAD	2F		3F		4F		1G		2G		3G		5G	
			SMAW	FCAW	SMAW	FCAW	SMAW	FCAW	SMAW	FCAW	SMAW	FCAW	SMAW	FCAW	SMAW	FCAW
	Gas de protección			100% CO2		100% CO2		100% CO2		100% CO2		100% CO2		100% CO2		100% CO2
PG	Precio del gas	Sol/m3	---	14.58	---	14.58	---	14.58	---	14.58	---	14.58	---	14.58	---	14.58
CP	Caudal de protección	m3/hora	---	1.50	---	1.50	---	1.50	---	1.50	---	1.50	---	1.50	---	1.50
VS	Velocidad de soldeo	m/hora	9.18	24.00	7.89	19.57	7.96	21.43	3.88	10.34	3.19	6.25	2.42	3.89	3.41	8.49
CG	Coste de gas de protección	Sol/metro	---	0.91	---	1.12	---	1.02	---	2.11	---	3.50	---	5.62	---	2.57
	Nombre comercial de electrodo	----	Gricon 290 Gricon 15	Primacor e LW71	Gricon 290 Gricon 15	Primacor e LW71	Gricon 290 Gricon 15	Primacor e LW71	Gricon 290 Gricon 15	Primacor e LW71	Gricon 290 Gricon 15	Primacor e LW71	Gricon 290 Gricon 15	Primacor e LW71	Gricon 290 Gricon 15	Primacor e LW71
	Diámetro del electrodo	mm	3.18	1.20	3.18	1.20	3.18	1.20	3.18	1.20	3.18	1.20	3.18	1.20	3.18	1.20
MD	Metal depositado	kg/m	0.20	0.10	0.22	0.10	0.22	0.10	0.43	0.20	0.49	0.70	0.57	0.60	0.41	0.40
RD	Rendimiento de deposición	%	0.78	0.91	0.81	0.91	0.84	0.91	0.75	0.91	0.69	0.91	0.81	0.91	0.85	0.91
CA	Consumo de material de aportación	kg/m	0.25	0.11	0.27	0.11	0.27	0.11	0.57	0.22	0.71	0.77	0.71	0.66	0.49	0.44
PA	Precio de material de aporte	Sol/kg	11.70	11.27	11.70	11.27	11.70	11.27	11.70	11.27	11.70	11.27	11.70	11.27	11.70	11.27
MA	Costo de material de aportación	Sol/metro	2.98	1.24	3.12	1.24	3.11	1.24	6.69	2.48	8.30	8.68	8.30	7.44	5.69	4.96
CC	Coste de accesorios consumibles	Sol/metro	---	0.82	---	0.82	---	0.82	---	0.82	---	0.82	---	0.82	---	0.82
CM	Costo de materiales	Sol/metro	2.98	2.97	3.12	3.17	3.11	3.08	6.69	5.41	8.30	12.99	8.30	13.88	5.69	8.35
CS	Costo de soldador	Sol/hora	11.54	14.42	11.54	14.42	11.54	14.42	11.54	14.42	11.54	14.42	11.54	14.42	11.54	14.42
VD	Velocidad de deposición	kg/hora	1.83	2.40	1.70	1.96	1.77	2.14	1.65	2.07	1.55	4.38	1.39	2.33	1.41	3.40
FO	Factor de operación	%	0.45	0.54	0.45	0.59	0.46	0.59	0.36	0.43	0.36	0.32	0.43	0.39	0.41	0.42
MO	Costo de mano de obra	Sol/metro	2.79	1.10	3.24	1.24	3.18	1.15	8.27	3.21	10.17	7.18	10.99	9.63	8.19	4.04
	COSTO TOTAL	Sol/metro	5.770	4.070	6.360	4.416	6.291	4.226	14.961	8.615	18.471	20.172	19.289	23.509	13.880	12.392

Anexo 30: Prueba de la hipótesis para el indicador cuantitativo costo de juntas de soldadura por producción

Hallando los costos de juntas de soldadura para un pedido de fabricación de tanque de almacenamiento Ø 4500 mm x 7500 mm

Tabla 101: Costos por junta de soldadura de una producción con proceso SMAW

SMAW			
TIPO DE POSICIÓN	CANTIDAD (metros)	PRECIO/METRO	COSTOS TOTALES
2F	140.18	S/ 5.770	S/ 808.78
3F	28.73	S/ 6.360	S/ 182.71
4F	60.43	S/ 6.291	S/ 380.16
1G	7.15	S/ 14.961	S/ 106.97
2G	56.56	S/ 18.471	S/ 1,044.73
3G	23.12	S/ 19.289	S/ 445.96
5G	3.89	S/ 13.880	S/ 53.99
COSTO TOTAL DE SOLDADURA			S/ 3,023.31

Tabla 102: Costos por junta de soldadura de una producción con proceso FCAW

FCAW			
TIPO DE POSICIÓN	CANTIDAD (metros)	PRECIO/METRO	COSTOS TOTALES
2F	140.18	S/ 4.070	S/ 570.50
3F	28.73	S/ 4.416	S/ 126.87
4F	60.43	S/ 4.226	S/ 255.36
1G	7.15	S/ 8.615	S/ 61.60
2G	56.56	S/ 20.172	S/ 1,140.91
3G	23.12	S/ 23.509	S/ 543.53
5G	3.89	S/ 12.392	S/ 48.21
COSTO TOTAL DE SOLDADURA			S/ 2,746.96

Cabe mencionar que para esta contrastación se tendrá en cuenta sólo el costo de soldadura; por lo tanto, tenemos un valor de $n = 7$

Podemos ver en la siguiente tabla, la contrastación de los resultados de las pruebas realizadas Pre y Post Test.

Tabla 103: Pre y Post test de costos de juntas de soldadura

TIPO DE POSICIÓN	PRE TEST (SMAW)	POST TEST (FCAW)	Di	Di ²
2F	S/ 808.78	S/ 570.50	S/ 238.28	S/ 56,778.92
3F	S/ 182.71	S/ 126.87	S/ 55.85	S/ 3,119.12
4F	S/ 380.16	S/ 255.36	S/ 124.81	S/ 15,576.31
1G	S/ 106.97	S/ 61.60	S/ 45.38	S/ 2,058.92
2G	S/ 1,044.73	S/ 1,140.91	-S/ 96.18	S/ 9,251.11
3G	S/ 445.96	S/ 543.53	-S/ 97.56	S/ 9,518.92
5G	S/ 53.99	S/ 48.21	S/ 5.78	S/ 33.46
TOTAL	S/ 3,023.31	S/ 2,746.96	S/ 276.35	S/ 96,336.76
PROMEDIO	S/ 431.90	S/ 392.42	S/ 39.48	

A) Definición de las variables:

C_A: Costos de juntas de soldadura con el sistema de trabajo actual. (soles)

C_P: Costos de juntas de soldadura con el aplicativo propuesto. (soles)

B) Hipótesis estadísticas:

- **Hipótesis H₀:** Los costos de juntas de soldadura al soldar con el sistema de trabajo actual, es menor que los costos de juntas de soldadura al soldar con el aplicativo propuesto.

$$H_0 = C_A - C_P \leq 0$$

- **Hipótesis H_a:** Los costos de juntas de soldadura al soldar con el sistema de trabajo actual, es mayor que los costos de juntas de soldadura al soldar con el aplicativo propuesto.

$$H_a = C_A - C_P > 0$$

C) Nivel de significancia:

El nivel de significancia (α) escogido para la prueba de la hipótesis es del 5%.

Siendo $\alpha = 0.05$ (nivel de significancia) y $n - 1 = 6$ grados de libertad, se tiene el valor crítico de T de Student (Ver tabla T Student en **Anexos**).

$$\text{Valor Crítico: } t_{\infty-0.05} = 1.943$$

D) Estadística de la prueba

Puesto que $n = 7$ es pequeño, usaremos la distribución normal T (ver Anexo):

$$\bar{D} = \frac{\sum_{i=1}^n D_i}{n}$$

$$S_D^2 = \frac{n \sum_{i=1}^n D_i^2 - \left(\sum_{i=1}^n D_i \right)^2}{n(n-1)}$$

$$t = \frac{\bar{D}\sqrt{n}}{\sqrt{S_D}}$$

E) Resultados de la hipótesis estadística

Todos los resultados obtenidos, tras el cálculo respectivo, se ordenaron en la siguiente tabla:

Tabla 104: Resultados estadísticos de costos de soldadura de fabricación de tanque de almacenamiento

Nivel Significancia	α	0.05	0.25
Nivel Confianza	$1-\alpha$	0.95	0.75
$n_A = n_P =$	n	7	
Grados de Libertad	$n-1$	6	
$t_{\infty-\alpha}$	T_α	1.943	0.718
	d_0	0	
PROMEDIO	\bar{D}	S/.39.48	
VARIANZA	S_D^2	14237.81	
DESV. ESTÁNDAR	S_D	119.322	
$T_{\text{CALCULADA}}$	T_C	0.875	

F) Análisis de resultados

Para este indicador se usó los datos tomados de una producción de juntas de soldadura de una fabricación de tanque de almacenamiento.

Tabla 105: Presentación de resultados de costo de soldadura

Costo de soldadura con el sistema de trabajo actual		Costo de soldadura con el aplicativo propuesto		Nivel de Impacto del indicador costo de soldadura	
CSTA	CSTA (%)	CSAP	CSAP (%)	Δ NCS	Δ NCS (%)
S/ 3,023.31	100.00%	S/ 2,746.96	90.86%	S/ 276.35	9.14%

G) Conclusión:

Dado que: $t_c = 0.875$ ($t_{\text{calculado}}$) $< t_{\alpha} = 1.943$ (t_{tabular}), y estando este valor dentro de la región de aceptación, con un nivel de error de 5% ($\alpha=0.05$), se rechazó H_a y H_0 fue aceptada (ver Figura 50 en Anexos), esto debido a un mayor costo sólo en los tipos de posición 2G y 3G del aplicativo propuesto.

No obstante, siendo $C_a - C_p > 0$, se prueba la validez de la hipótesis con un nivel de error de 25% ($\alpha=0.25$), puesto que $t_c = 0.875$ ($t_{\text{calculado}}$) $> t_{\alpha} = 0.718$ (t_{tabular}), y estando este valor dentro de la región de rechazo, se acepta H_a para este nivel de significancia, siendo la implementación del Aplicativo propuesto una alternativa de solución para este problema de investigación. (ver Figura 51 en Anexos).

Así mismo, cabe señalar que en este estudio también se buscó hallar los costos relacionados al proceso de soldadura, por tanto:

Hallando los costos relacionados a proceso de soldadura para un pedido de fabricación de tanque de almacenamiento Ø 4500 mm x 7500 mm

Tabla 106: Costos relacionados a proceso de soldadura SMAW

SMAW	
SUBTOTALES	COSTOS TOTALES
Subtotal - Mano de Obra	S/ 9,964.04
Subtotal - Equipos y Herramientas	S/ 3,271.42
Subtotal - Consumibles	S/ 1,638.00
Subtotal - Gastos Generales	S/ 6,335.04
COSTO TOTAL DE SOLDADURA	S/ 21,208.50

Tabla 107: Costos relacionados a proceso de soldadura FCAW

FCAW	
SUBTOTALES	COSTOS TOTALES
Subtotal - Mano de Obra	S/ 6,735.29
Subtotal - Equipos y Herramientas	S/ 2,675.34
Subtotal - Consumibles	S/ 2,027.35
Subtotal - Gastos Generales	S/ 4,282.67
COSTO TOTAL DE SOLDADURA	S/ 15,720.65

Cabe mencionar que para esta contrastación se tendrán en cuenta sólo los costos relacionados de soldadura.

Podemos ver en la siguiente tabla, la contrastación de los resultados de las pruebas realizadas Pre y Post Test.

Tabla 108: Pre y Post test de costos relacionados de soldadura

SUBTOTALES	PRE TEST (SMAW)	POST TEST (FCAW)	Di
Subtotal - Mano de Obra	S/ 9,964.04	S/ 6,735.29	S/ 3,228.75
Subtotal - Equipos y Herramientas	S/ 3,271.42	S/ 2,675.34	S/ 596.08
Subtotal - Consumibles	S/ 1,638.00	S/ 2,027.35	-S/ 389.35
Subtotal - Gastos Generales	S/ 6,335.04	S/ 4,282.67	S/ 2,052.37
TOTAL	S/ 21,208.50	S/ 15,720.65	S/ 5,487.85

Análisis de resultados

Para este indicador se usó los datos relacionados a los costos de soldadura, tomados de una producción de fabricación de tanque de almacenamiento (ver Figura 28 en Anexos).

Tabla 109: Presentación de resultados de costos relacionados de soldadura

Costo relacionado de soldadura con el sistema de trabajo actual		Costo relacionado de soldadura con el aplicativo propuesto		Nivel de Impacto del indicador costo relacionado de soldadura	
CRSTA	CRSTA (%)	CRSAP	CRSAP (%)	Δ NCRS	Δ NCRS (%)
S/ 21,208.50	100.00%	S/ 15,720.65	74.12%	S/ 5,487.85	25.88%

Anexo 31: Figuras diversas

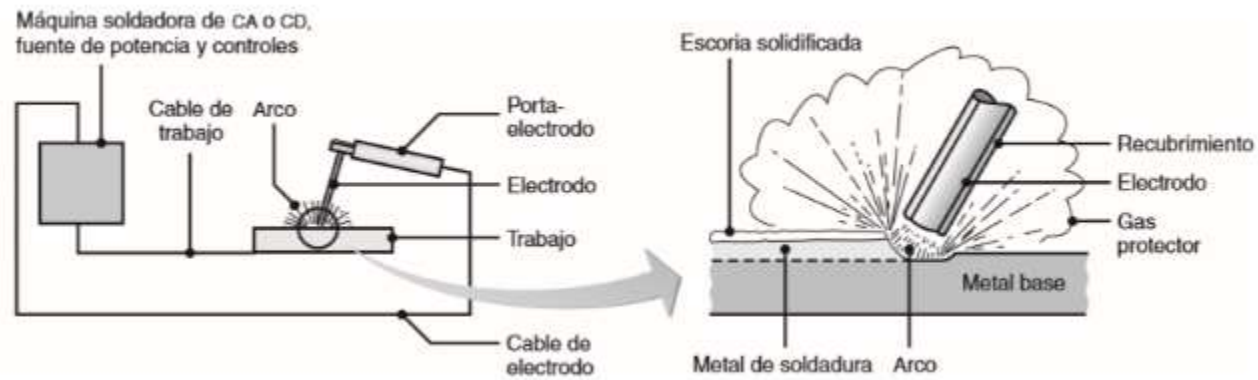


Figura 1: Esquema del proceso de soldadura por arco metálico protegido [1]

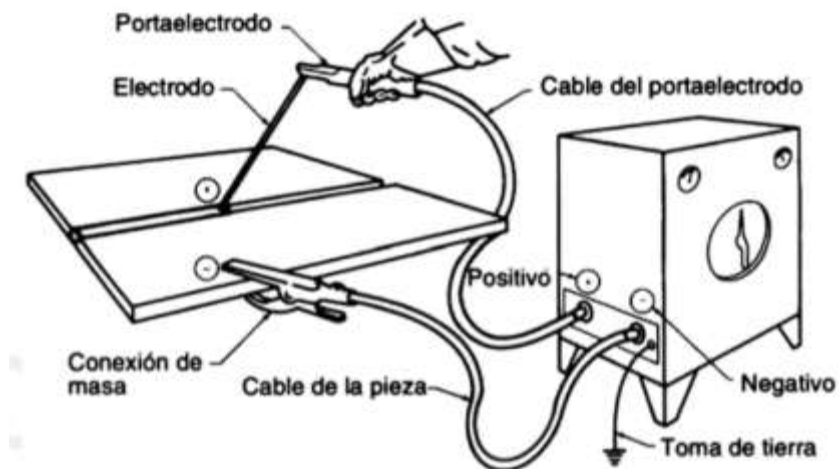


Figura 2: Equipo de proceso SMAW [2]

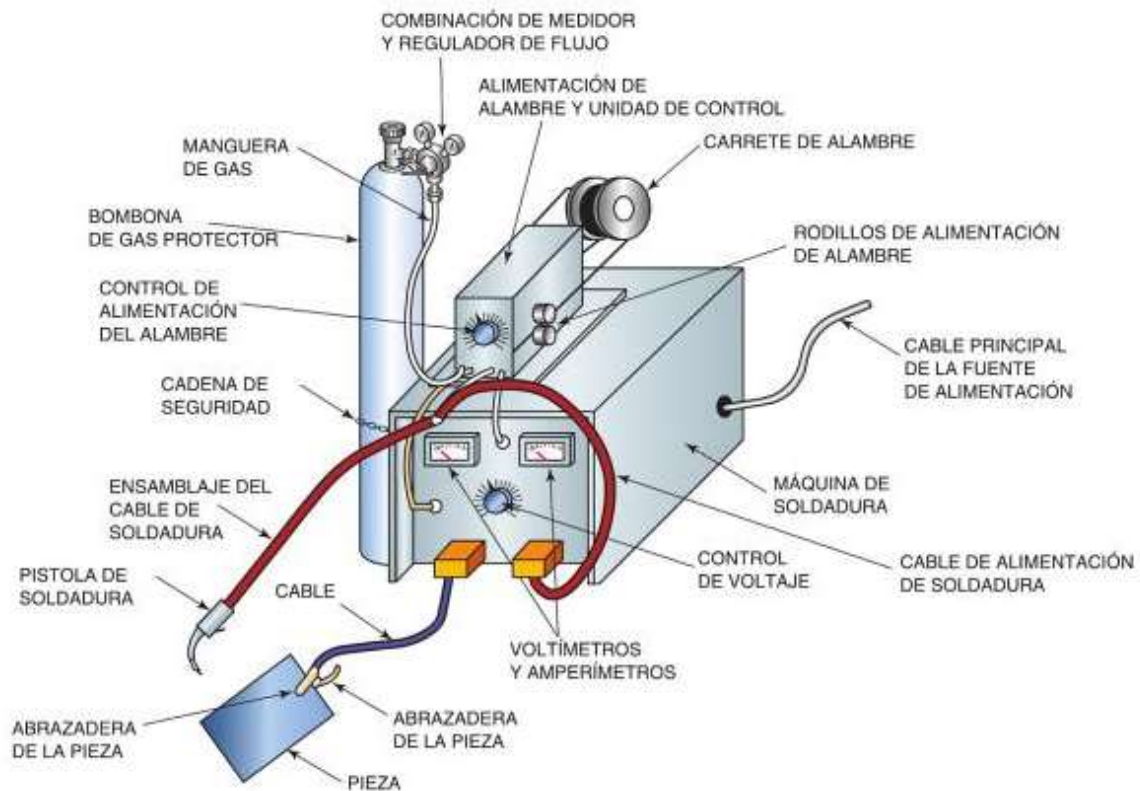


Figura 3: Equipo básico utilizado en las operaciones FCAW [3]

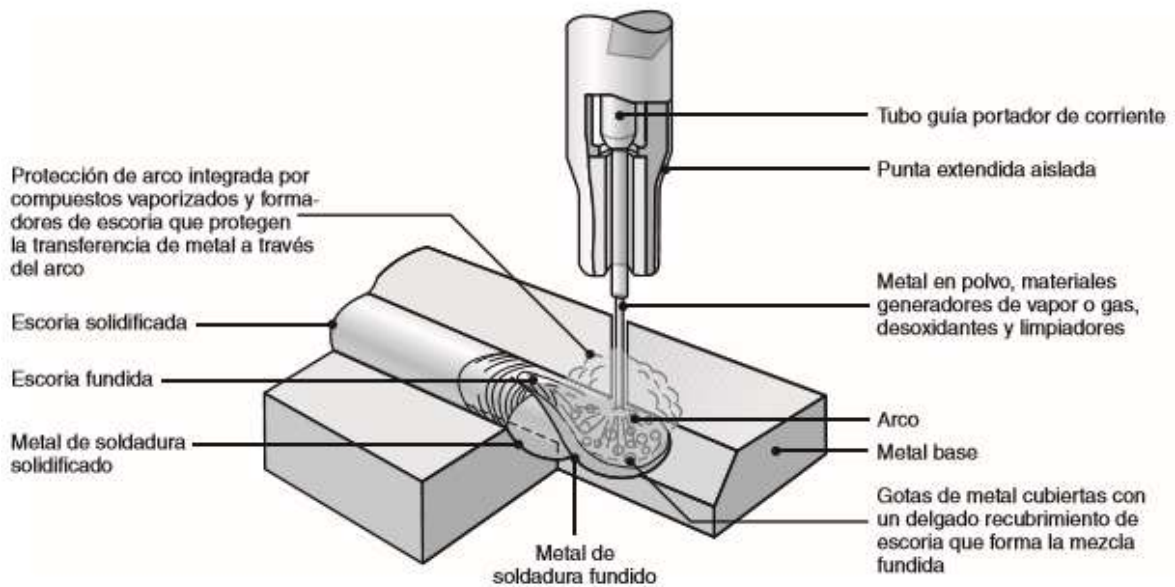


Figura 4: Esquema del proceso de soldadura FCAW [3]

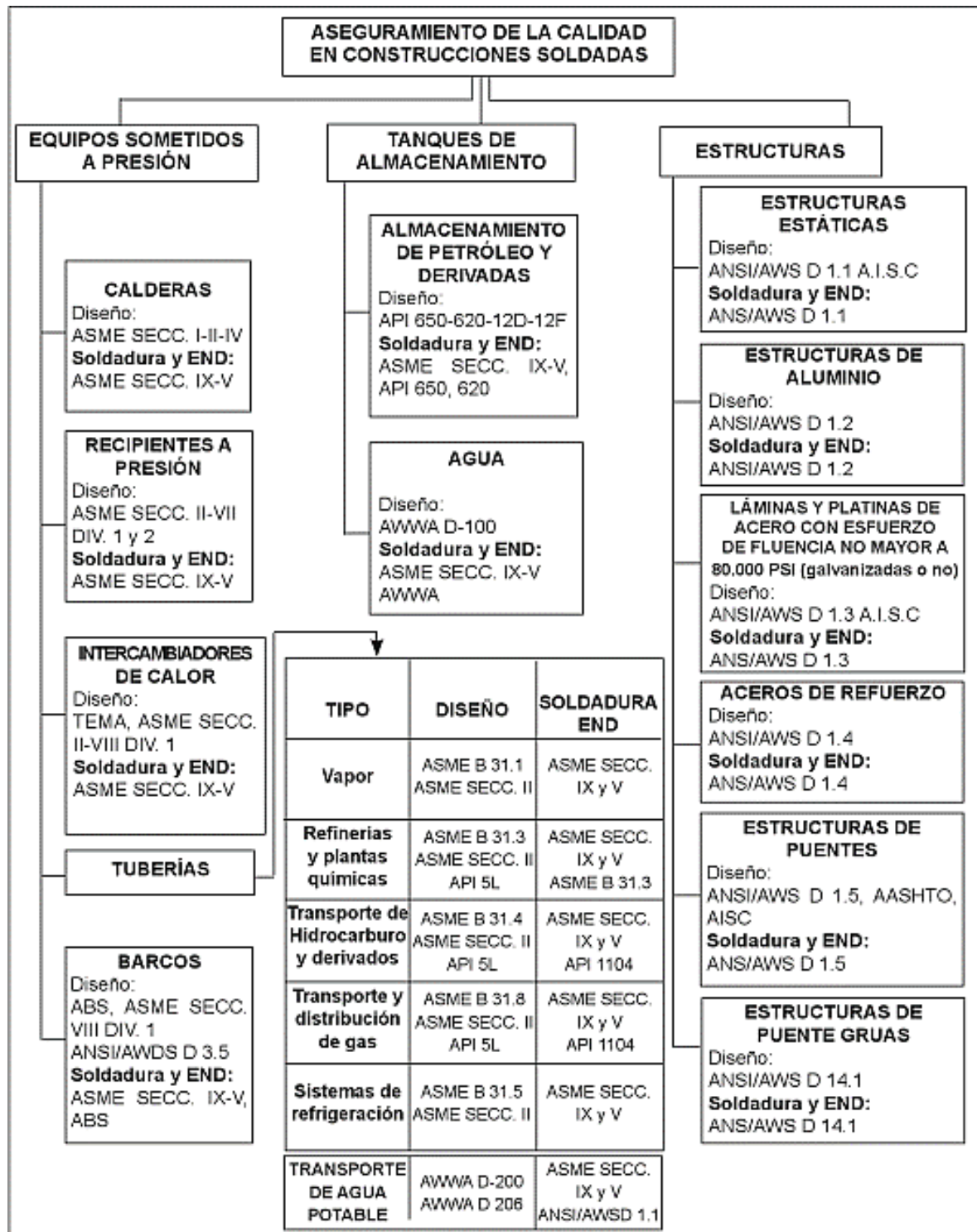


Figura 5: Normalización en soldadura aplicable en construcciones soldadas [4]

FÓRMULAS Base de Cálculo: metro lineal (ml)		
Costo electrodo	$\frac{(\$)}{\text{m.l.}} = \frac{\text{Pmd (kg/ml)} \times \text{Valor electrodo } (\$/\text{kg})}{\text{Eficiencia deposición (\%)}}$	
Costo M.O. y G. Grales.	$\frac{(\$)}{\text{m.l.}} = \frac{\text{Pmd (kg/ml)} \times \text{Valor M.O. y G.G. } (\$/\text{hr})}{\text{Velocidad deposición (kg/hr)} \times \text{F. operación (\%)}}$	
Costo gas	$\frac{(\$)}{\text{m.l.}} = \frac{\text{Pmd (kg/ml)} \times \text{Flujo gas (m}^3/\text{hr)} \times \text{Valor gas } (\$/\text{m}^3)}{\text{Velocidad deposición (kg/hr)}}$	
Costo fundente	$\frac{(\$)}{\text{m.l.}} = \text{Pmd (kg/ml)} \times \text{F. uso (\%)} \times \text{Valor fundente } (\$/\text{kg})$	

Figura 6: Determinación de costos en operaciones de soldaduras [5]


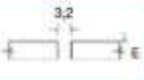




Unión de soldadura						
Espesor (E) mm	METAL DEPOSITADO (kg/ml) (acero)					
3,2	0,045	0,098				
6,4	0,177	0,190	0,380		0,358	
9,5	0,396		0,638		0,605	
12,5	0,708		1,168		1,066	
16	1,103		1,731		1,707	1,089
19	1,592		2,380	1,049	2,130	1,449
25	2,839		3,987	2,578	3,554	2,322
32				3,768		3,380
37,5				5,193		4,648
51				8,680		7,736
63,5				13,674		11,617
76				18,432		16,253

Figura 7: Metal depositado según tipo de unión

Proceso	Eficiencia deposición (%)
Electrodo manual	60-70
MIG sólido	90
MIG tubular c/protección	83
MIG tubular s/protección	79
TIG	95
Arco sumergido	98

Figura 8: Eficiencia de deposición según proceso [5]

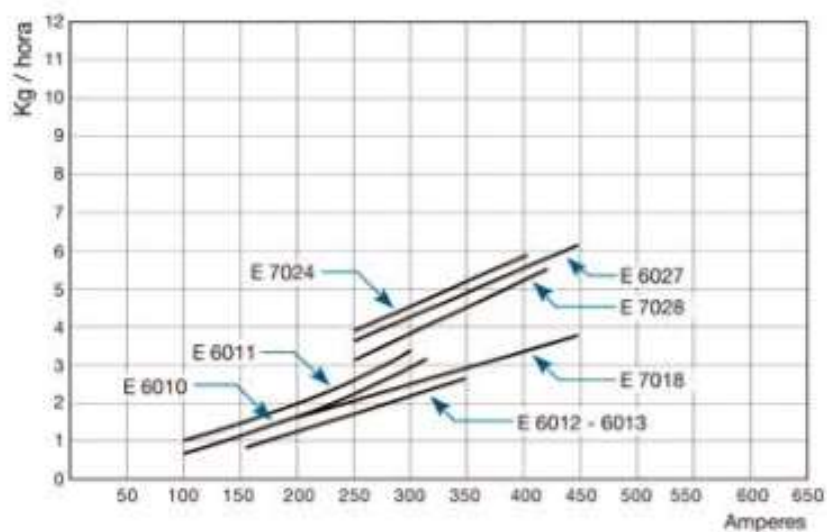


Figura 9: Velocidad de deposición en SMAW [5]

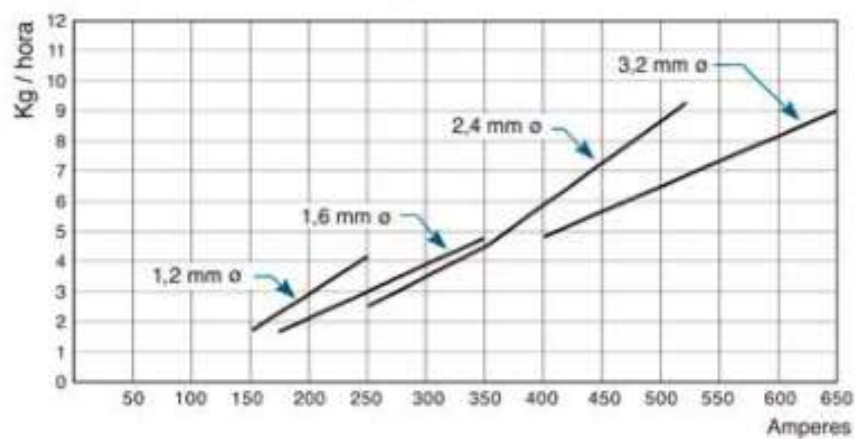


Figura 10: Velocidad de deposición en FCAW-G [5]

Proceso	Factor de Operación (%)
Electrodo manual	5- 30
MIG sólido	10- 60
MIG tubular	10- 60
TIG	5- 20
Arco sumergido	50-100

Figura 11: Factor de operación según proceso [5]

Proceso	Flujo gas (m³/hr)
MIG sólido	0,8-1,2
MIG tubular	1,0-1,4
TIG	0,5-1,0

Figura 12: Flujo gas según proceso [5]

Proceso	Eficiencia de deposición (%)	Pérdida de electrodos		Consumibles/ 100 kg metal depositado		
		Pérdida por colillas (%)	Eficiencia electrodo (%)	Electrodo (kg)	Fundente (kg)	Gas (m³)
Electrodo manual celulósico	60	12	48	155	-	-
Electrodo manual rutílico	70-80	12	50-68	145-170	-	-
Electrodo manual bajo hidrógeno	72	12	60	160-170	-	-
Mig (corto circuito)	93	2	91	110	-	17-42
Mig (spray)	95	2	93	108	-	7-11
Tubular c/protección	83	1	82	122	-	4-20
Tubular s/protección	80	1	79	126	-	-
Arco sumergido	99	1	98	102	85-100	-

Figura 13: Requerimientos de consumibles [5]



Figura 14: % Factor de operación según el proceso [5]

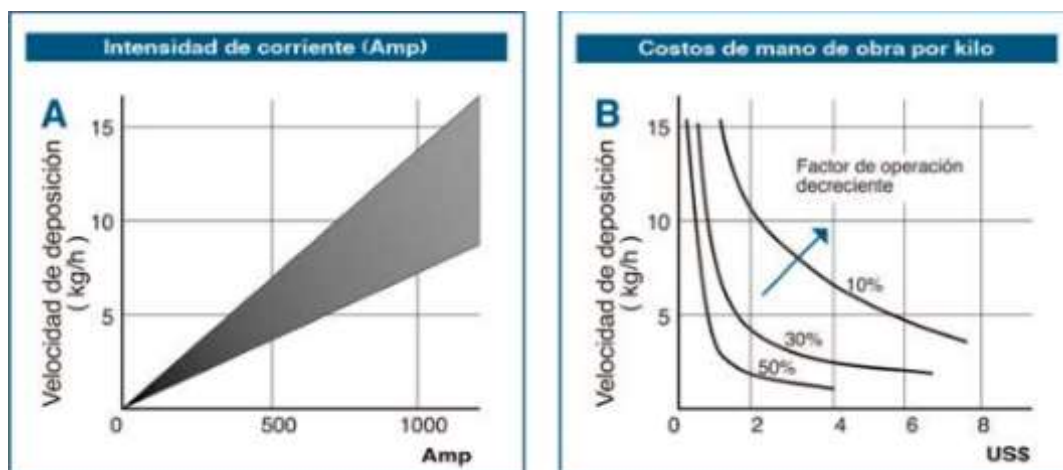


Figura 15: Velocidad de deposición/intensidad de corriente/costos de mano de obra (A) Muestra que la cantidad de deposición aumenta a medida que es elevada la corriente de soldadura. Esto se aplica generalmente a todos los procesos de Soldadura al Arco. (B) Muestra las relaciones generales entre: velocidad de deposición y costo de mano de obra. Además, muestra que, en cantidades altas de deposición los costos de mano de obra por kilo de metal depositado tienden a disminuir. [5]

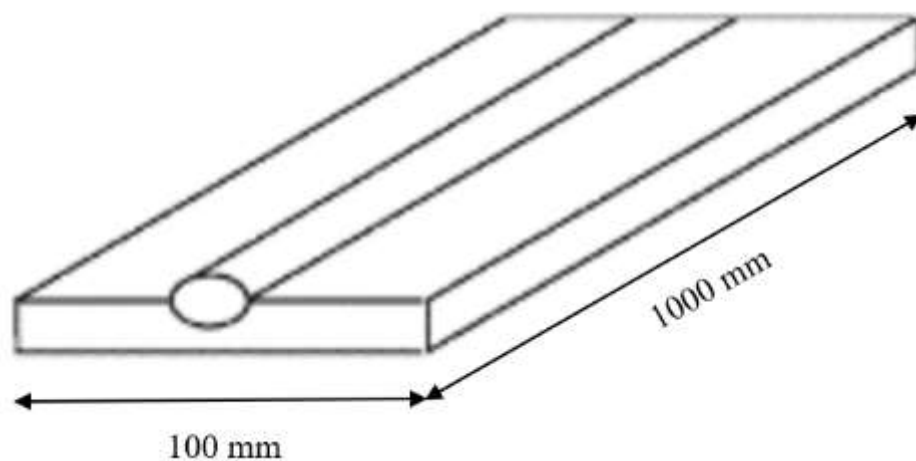


Figura 16: Esquema de probetas de soldeo

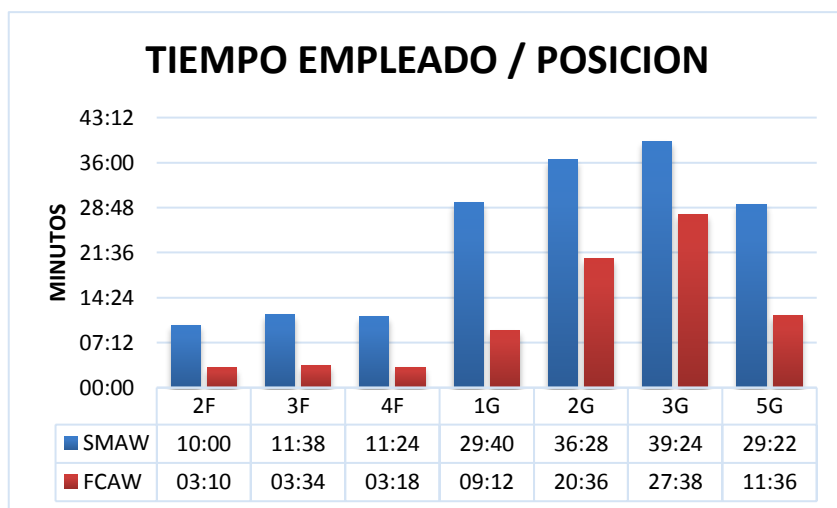


Figura 17: Tiempo empleado / Posición

Fuente: Cantidad de tiempo empleado por metro lineal según cada posición. (véase Tabla 78 en Anexos)

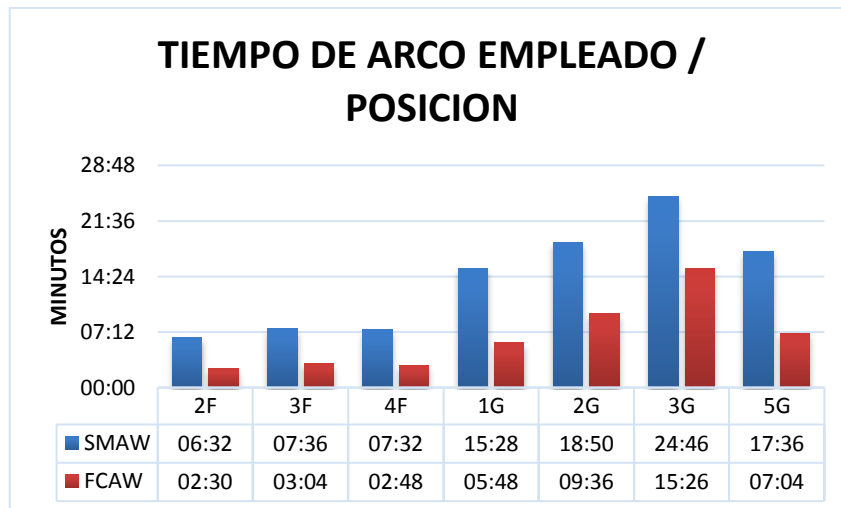


Figura 18: Tiempo de arco empleado / Posición

Fuente: Cantidad de tiempo de arco empleado por metro lineal según cada posición. (véase Tabla 79 en Anexos)

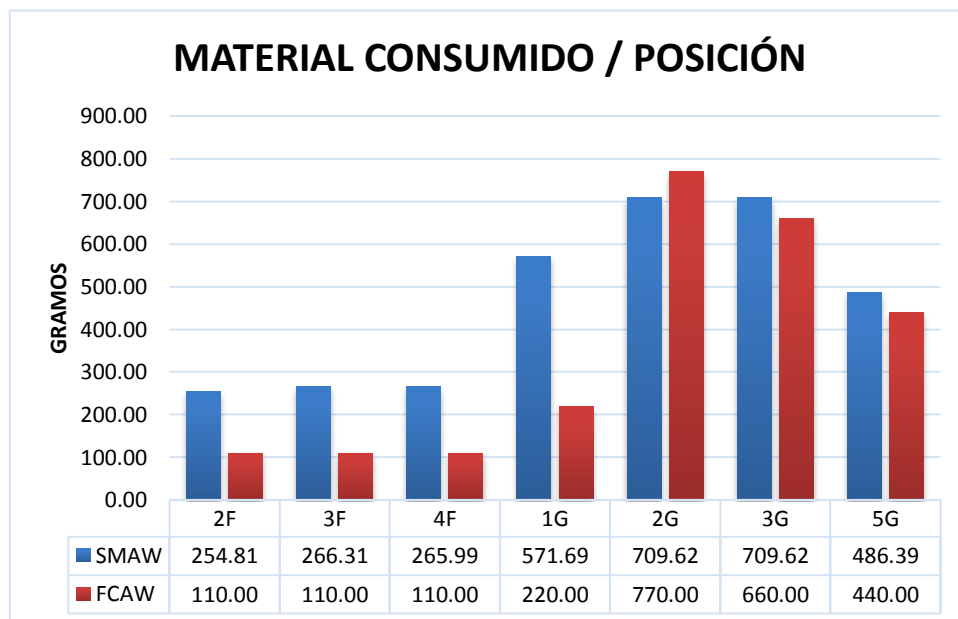


Figura 19: Material / Posición

Fuente: Cantidad de material consumido por metro lineal según cada posición. (véase Tabla 80 en Anexos)

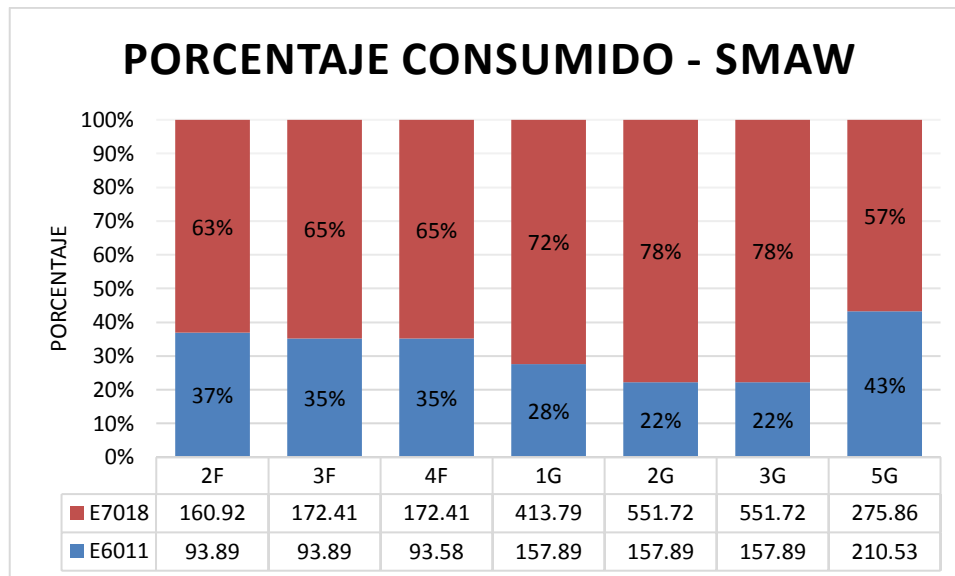


Figura 20: Porcentaje de soldadura consumida con SMAW / Posición

Fuente: Cantidad de gramos de material consumido por metro lineal según cada posición con SMAW (véase Tabla 81 en Anexos)

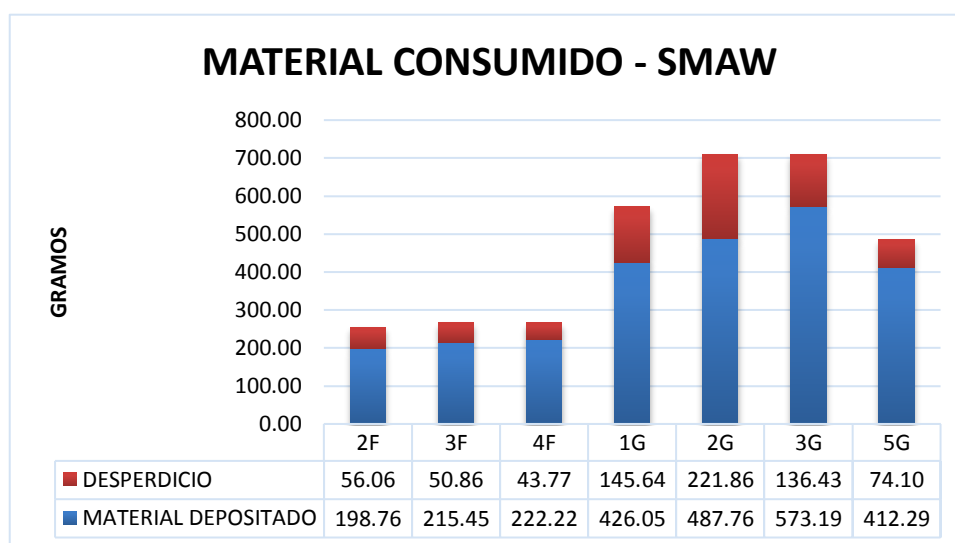


Figura 21: Material consumido con SMAW / Posición

Fuente: Cantidad de material depositado y desperdiciado por metro lineal según cada posición con SMAW. (véase Tabla 82 en Anexos)

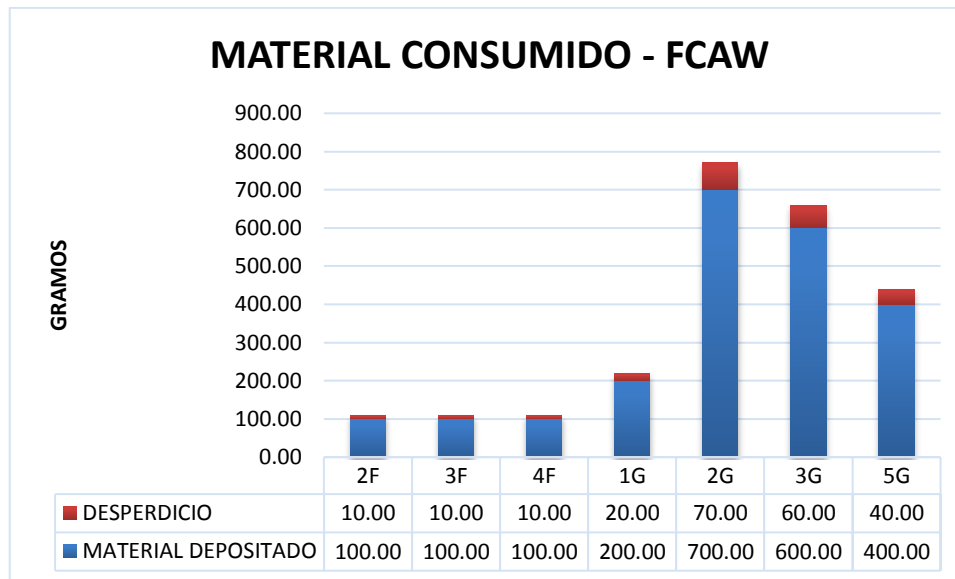


Figura 22: Material consumido con FCAW / Posición

Fuente: Cantidad de material depositado y desperdiciado por metro lineal según cada posición con FCAW. (véase Tabla 83 en Anexos)

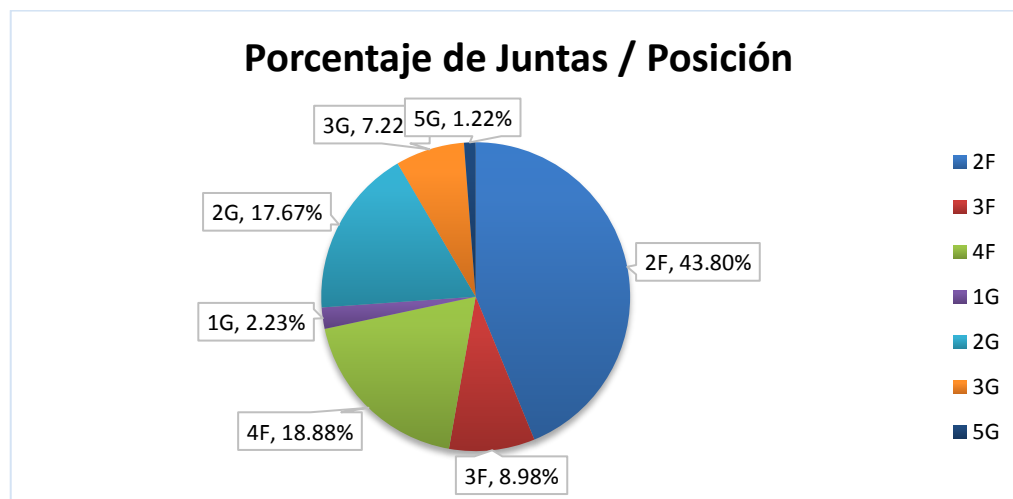


Figura 23: Porcentaje de juntas de soldadura / Posición

Fuente: Consolidado de cantidad de juntas de soldadura expresados en metros lineales y porcentajes (véase Tabla 85 en Anexos)

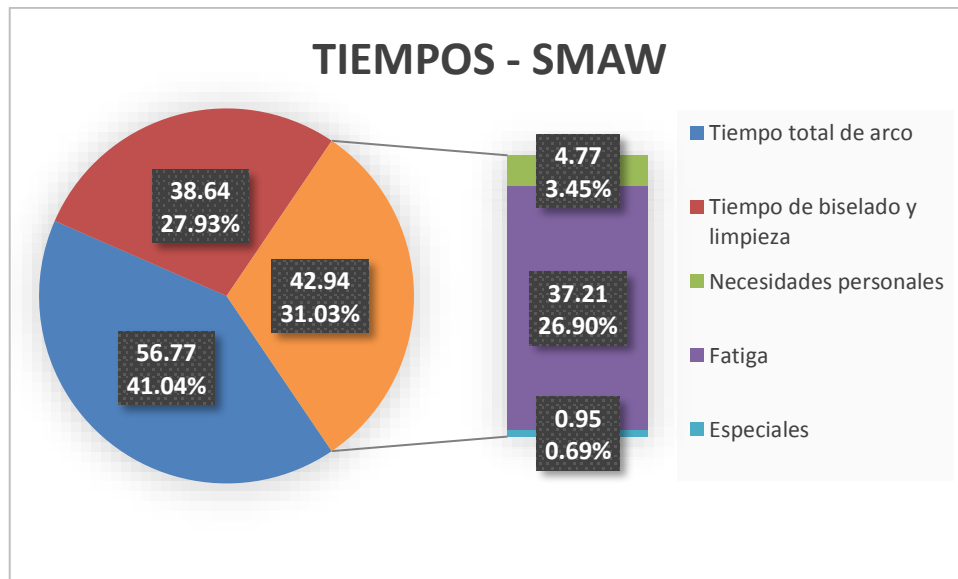


Figura 24: Tiempos empleados por un soldador - SMAW

Fuente: Porcentajes de horas empleadas por un soldador con SMAW. (véase Tabla 88 en Anexos)

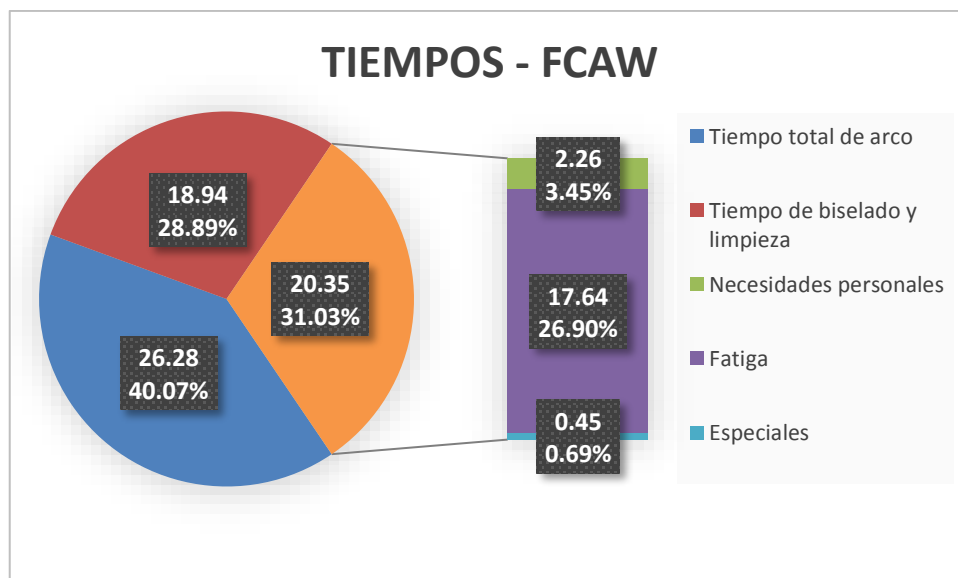


Figura 25: Tiempos empleados por un soldador - FCAW

Fuente: Porcentajes de horas empleadas por un soldador con FCAW. (véase Tabla 88 en Anexos)

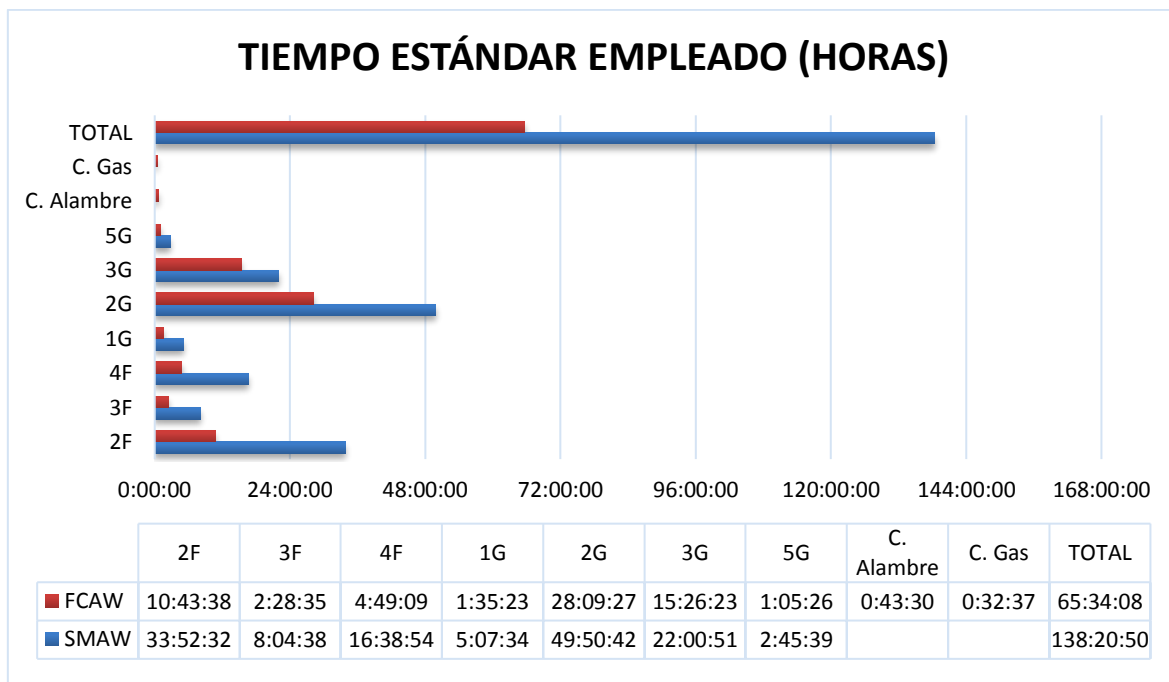


Figura 26: Tiempo de soldadura empleado en fabricación de tanque de almacenamiento

Fuente: Consolidado de Tabla 88, expresando la cantidad de horas empleadas en cada proceso de soldadura (véanse Tabla 89 y Tabla 90 en Anexos)

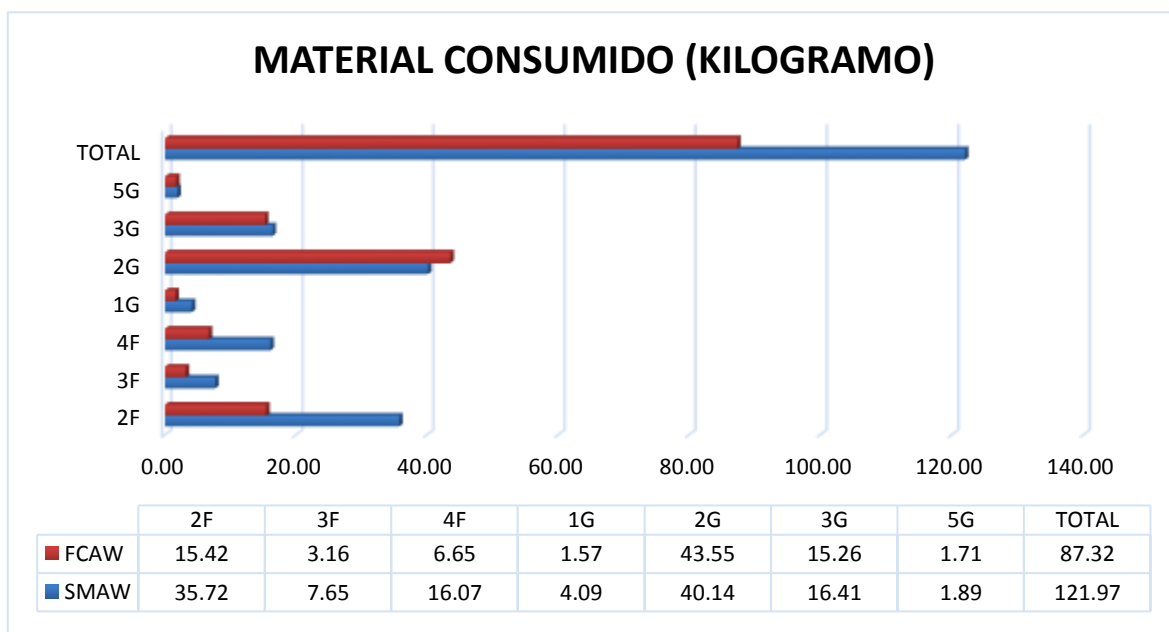


Figura 27: Cantidad de soldadura empleada en fabricación de tanque de almacenamiento

Fuente: Consolidado de Tabla 88, expresando la cantidad de soldadura empleada en cada proceso de soldadura (véanse Tabla 89 y Tabla 90 en Anexos)

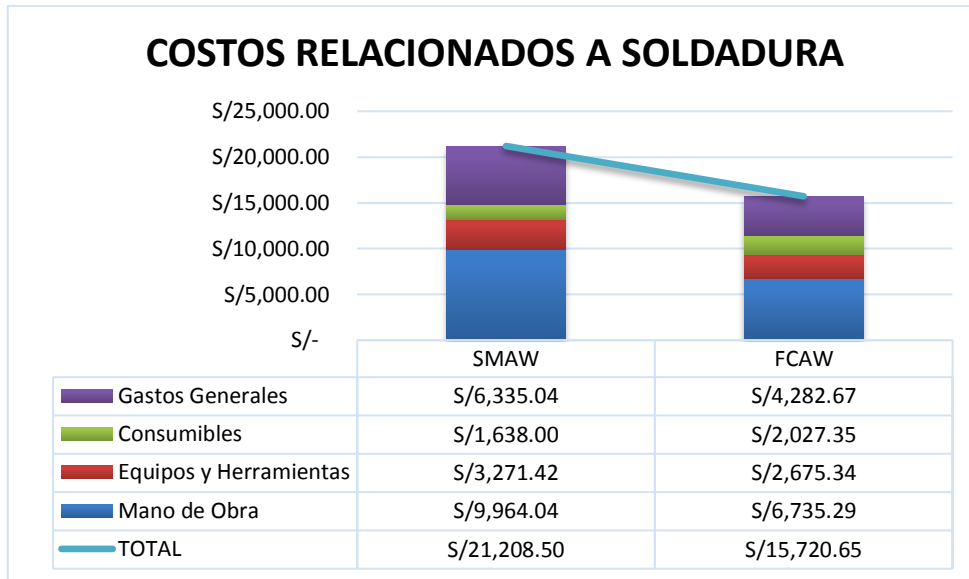


Figura 28: Costos relacionados a proceso de soldadura

Fuente: Consolidado de Tabla 98 y Tabla 99, los costos relacionados empleando cada proceso de soldadura (véanse Tabla 98 y Tabla 99 en Anexos)

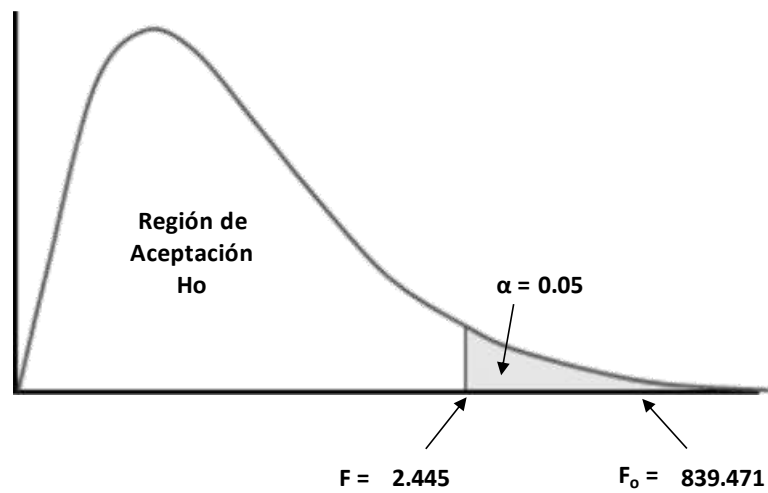


Figura 29: Zona de aceptación y rechazo de Anexo 8

Fuente: Región crítica de Anexo 8: Análisis de varianza y Prueba de Hipótesis - Tiempos observados según posición con SMAW

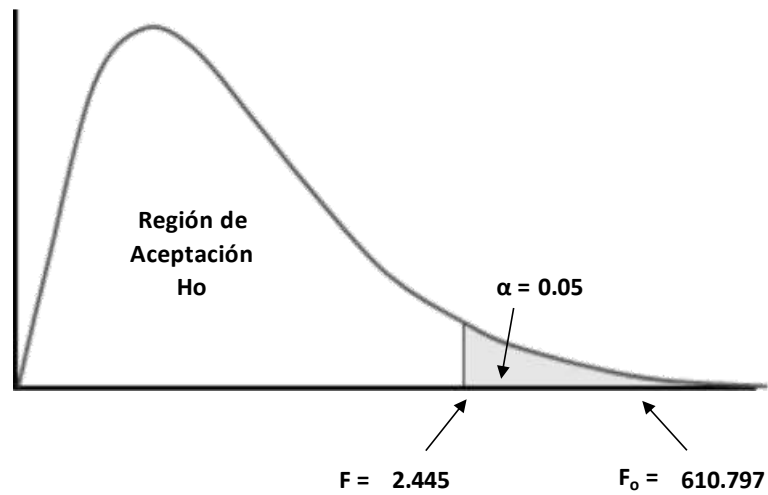


Figura 30: Zona de aceptación y rechazo de Anexo 9

Fuente: Región crítica de Anexo 9: Análisis de varianza y Prueba de Hipótesis - Tiempos observados según posición con FCAW

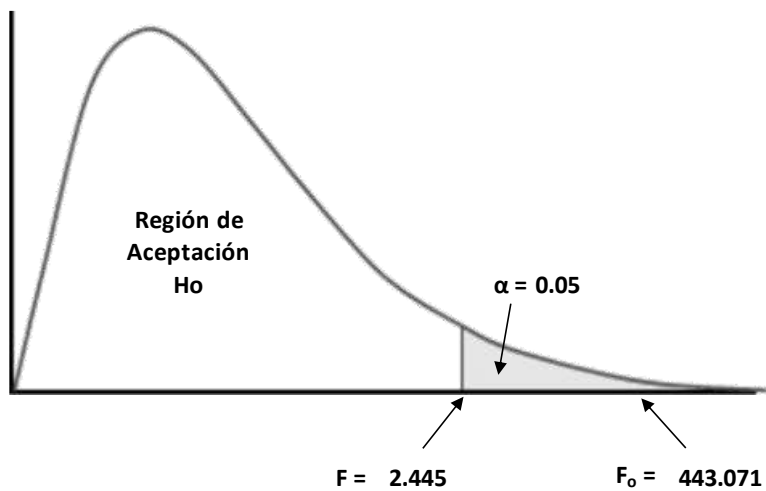


Figura 31: Zona de aceptación y rechazo de Anexo 11

Fuente: Región crítica de Anexo 11: Análisis de varianza y Prueba de Hipótesis – Cantidades depositadas observadas según posición con SMAW

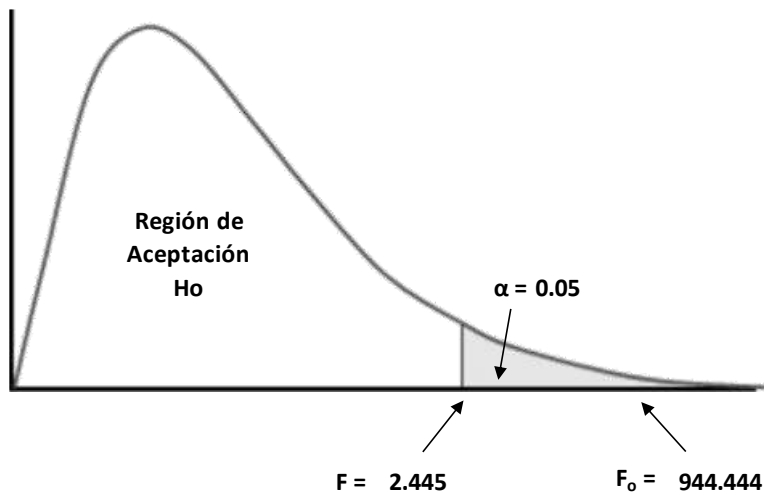


Figura 32: Zona de aceptación y rechazo de Anexo 12

Fuente: Región crítica de Anexo 12: Análisis de varianza y Prueba de Hipótesis – Cantidades depositadas observadas según posición con FCAW

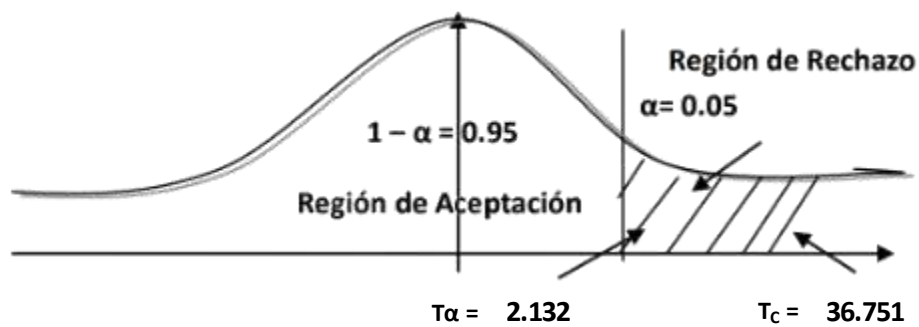


Figura 33: Zona de aceptación y rechazo de Anexo 14

Fuente: Región crítica de Anexo 14: Prueba de la hipótesis para el indicador cuantitativo tiempo promedio observado en realizar el proceso de soldadura según posición 2F

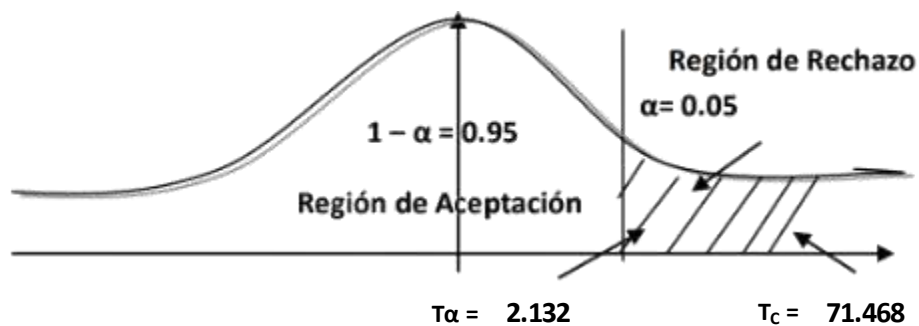


Figura 34: Zona de aceptación y rechazo de Anexo 15

Fuente: Región crítica de Anexo 15: Prueba de la hipótesis para el indicador cuantitativo tiempo promedio observado en realizar el proceso de soldadura según posición 3F

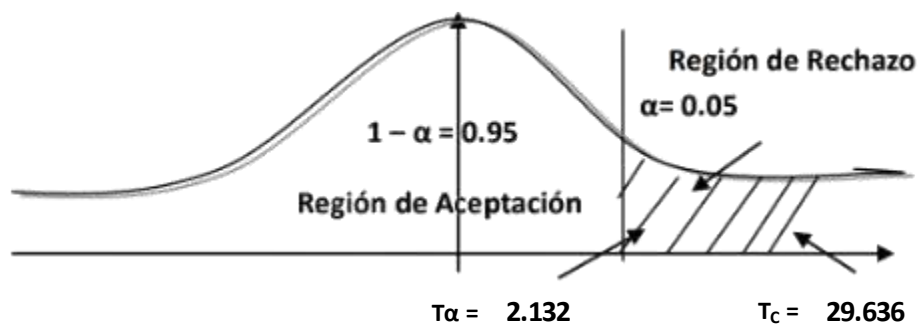


Figura 35: Zona de aceptación y rechazo de Anexo 16

Fuente: Región crítica de Anexo 16: Prueba de la hipótesis para el indicador cuantitativo tiempo promedio observado en realizar el proceso de soldadura según posición 4F

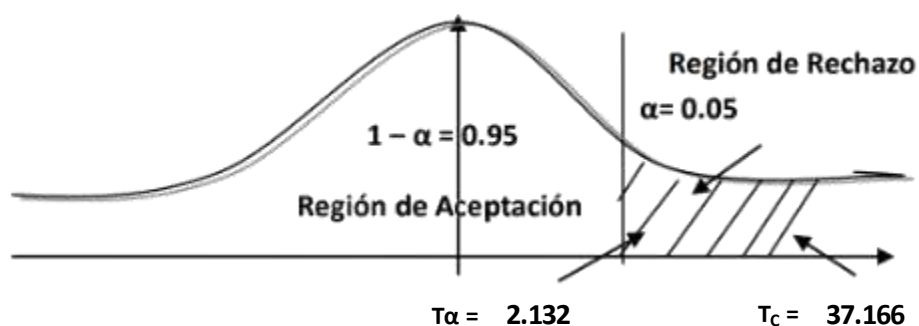


Figura 36: Zona de aceptación y rechazo de Anexo 17

Fuente: Región crítica de Anexo 17: Prueba de la hipótesis para el indicador cuantitativo tiempo promedio observado en realizar el proceso de soldadura según posición 1G

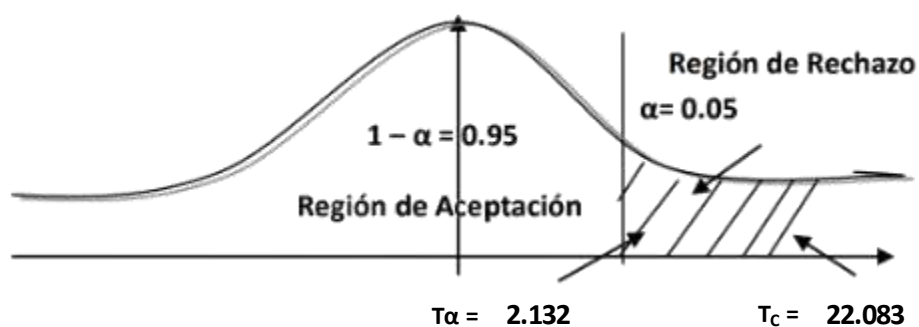


Figura 37: Zona de aceptación y rechazo de Anexo 18

Fuente: Región crítica de Anexo 18: Prueba de la hipótesis para el indicador cuantitativo tiempo promedio observado en realizar el proceso de soldadura según posición 2G

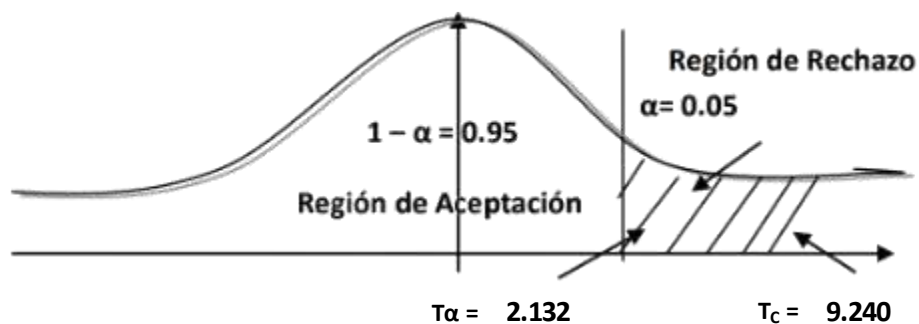


Figura 38: Zona de aceptación y rechazo de Anexo 19

Fuente: Región crítica de Anexo 19: Prueba de la hipótesis para el indicador cuantitativo tiempo promedio observado en realizar el proceso de soldadura según posición 3G

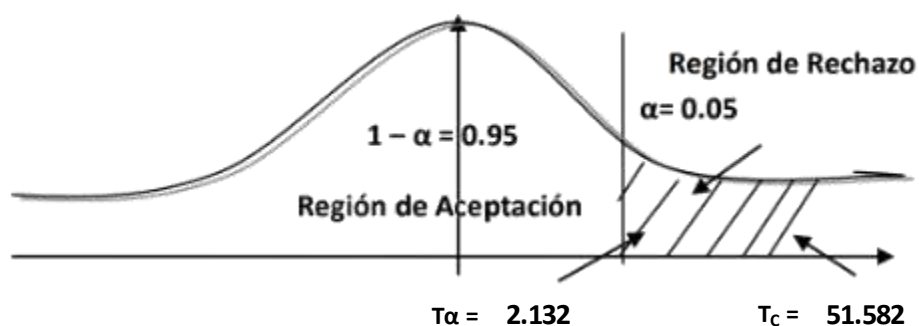


Figura 39: Zona de aceptación y rechazo de Anexo 20

Fuente: Región crítica de Anexo 20: Prueba de la hipótesis para el indicador cuantitativo tiempo promedio observado en realizar el proceso de soldadura según posición 5G

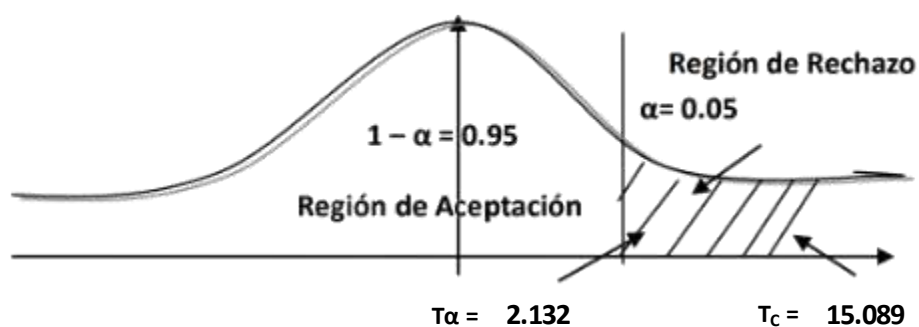


Figura 40: Zona de aceptación y rechazo de Anexo 21

Fuente: Región crítica de Anexo 21: Prueba de la hipótesis para el indicador cuantitativo cantidad de soldadura depositada promedio observada al realizar el proceso de soldadura según posición 2F

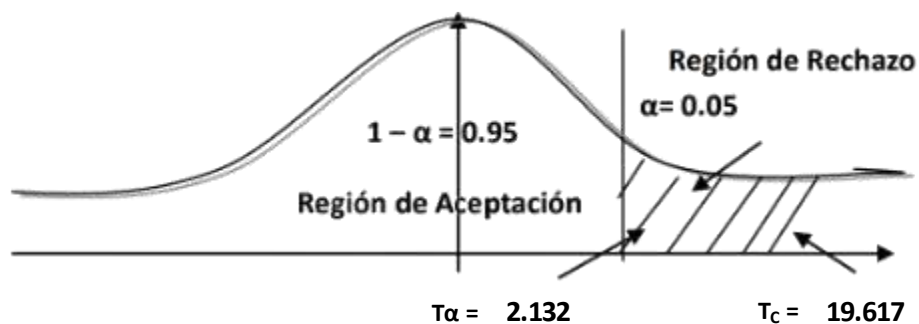


Figura 41: Zona de aceptación y rechazo de Anexo 22

Fuente: Región crítica de Anexo 22: Prueba de la hipótesis para el indicador cuantitativo cantidad de soldadura depositada promedio observada al realizar el proceso de soldadura según posición 3F

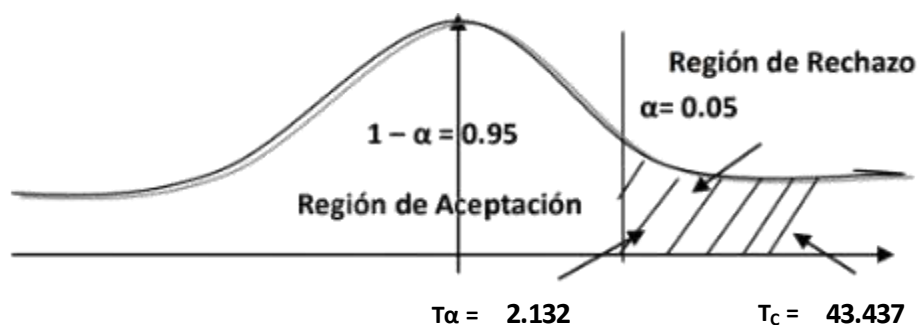


Figura 42: Zona de aceptación y rechazo de Anexo 23

Fuente: Región crítica de Anexo 23: Prueba de la hipótesis para el indicador cuantitativo cantidad de soldadura depositada promedio observada al realizar el proceso de soldadura según posición 4F

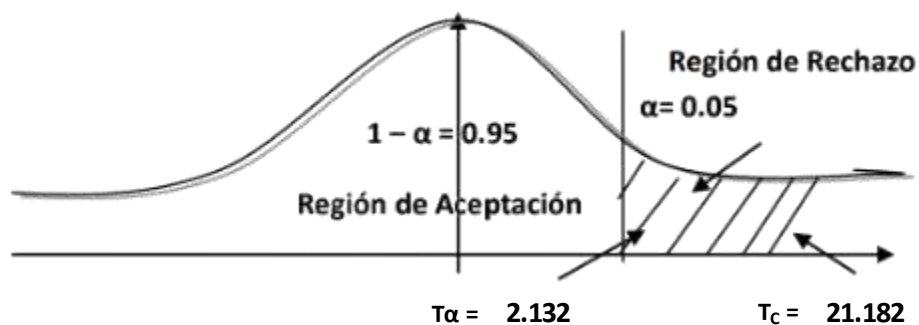


Figura 43: Zona de aceptación y rechazo de Anexo 24

Fuente: Región crítica de Anexo 24: Prueba de la hipótesis para el indicador cuantitativo cantidad de soldadura depositada promedio observada al realizar el proceso de soldadura según posición 1G

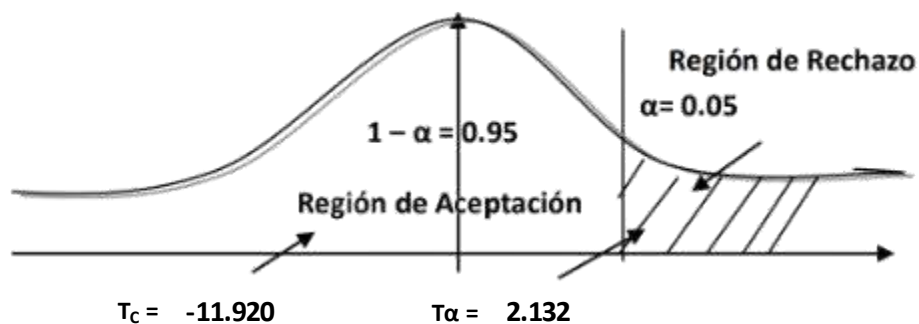


Figura 44: Zona de aceptación y rechazo de Anexo 25

Fuente: Región crítica de Anexo 25: Prueba de la hipótesis para el indicador cuantitativo cantidad de soldadura depositada promedio observada al realizar el proceso de soldadura según posición 2G

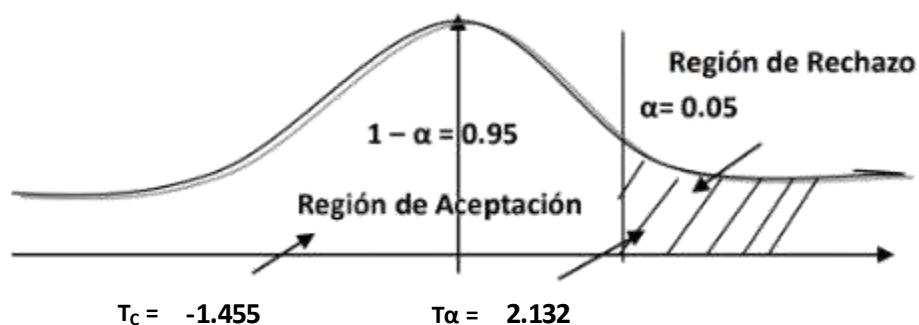


Figura 45: Zona de aceptación y rechazo de Anexo 26

Fuente: Región crítica de Anexo 26: Prueba de la hipótesis para el indicador cuantitativo cantidad de soldadura depositada promedio observada al realizar el proceso de soldadura según posición 3G

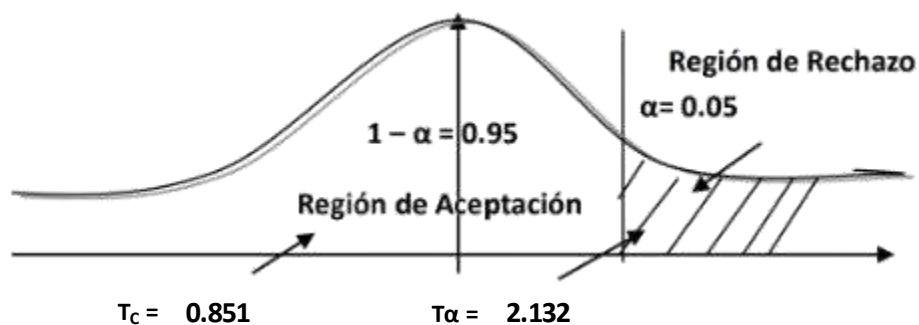


Figura 46: Zona de aceptación y rechazo de Anexo 27

Fuente: Región crítica de Anexo 27: Prueba de la hipótesis para el indicador cuantitativo cantidad de soldadura depositada promedio observada al realizar el proceso de soldadura según posición 5G

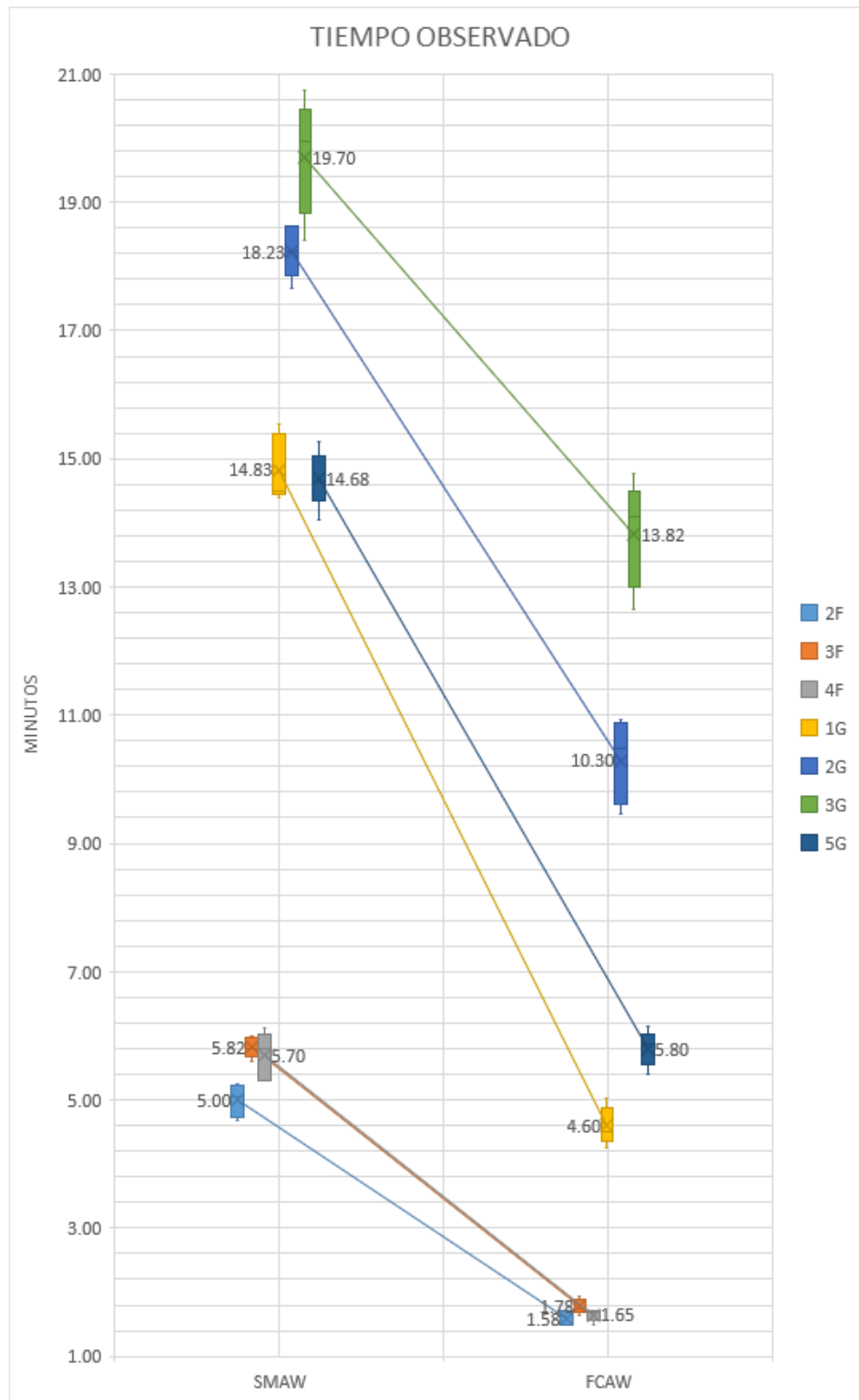


Figura 47: Diagrama de cajas de tiempos observados tras prueba piloto

Fuente: Consolidado de Anexo 7: Tiempos observados tras prueba piloto

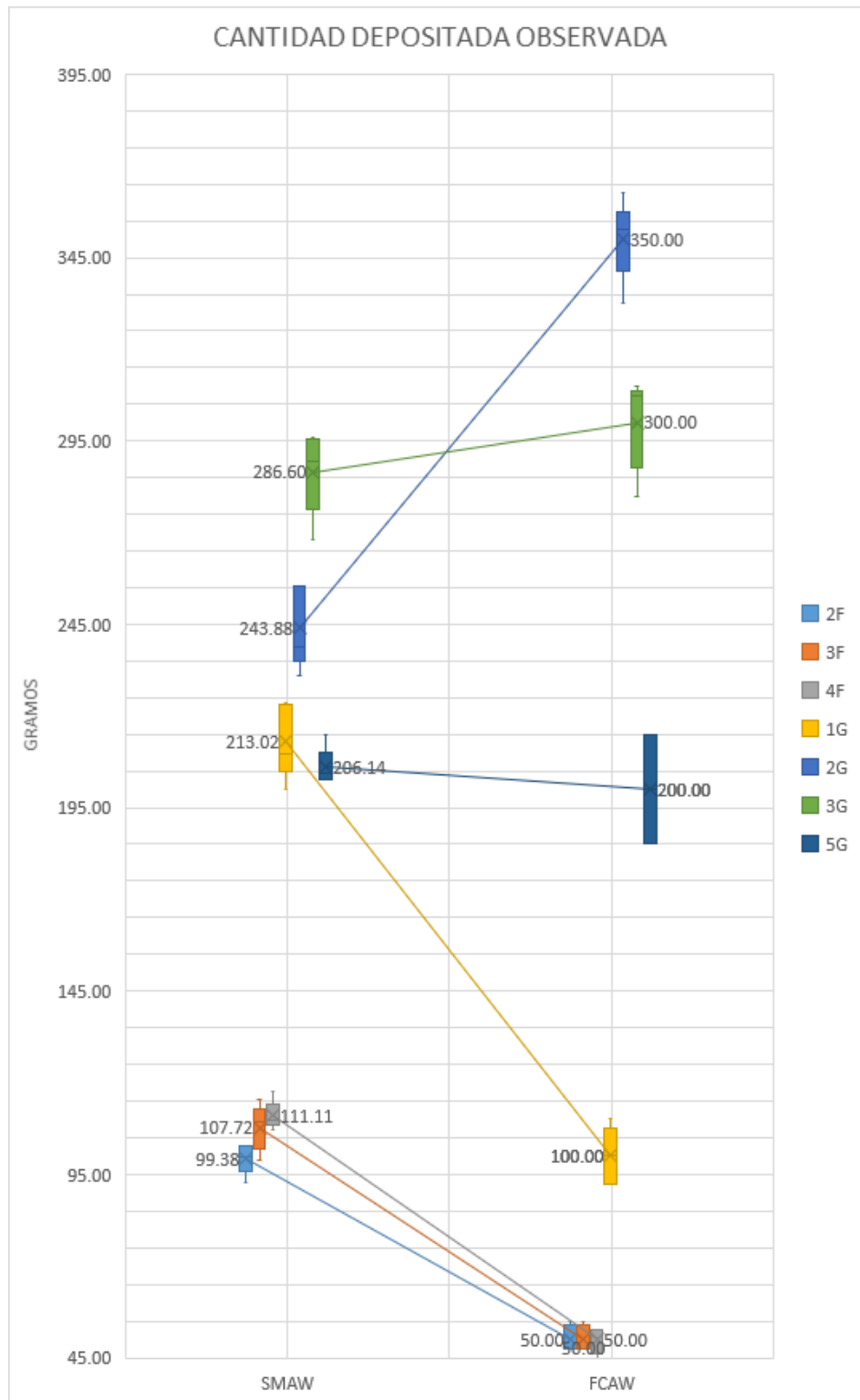


Figura 48: Diagrama de cajas de cantidades depositadas observadas tras prueba piloto

Fuente: Consolidado de Anexo 10: Cantidades depositadas observadas tras prueba piloto

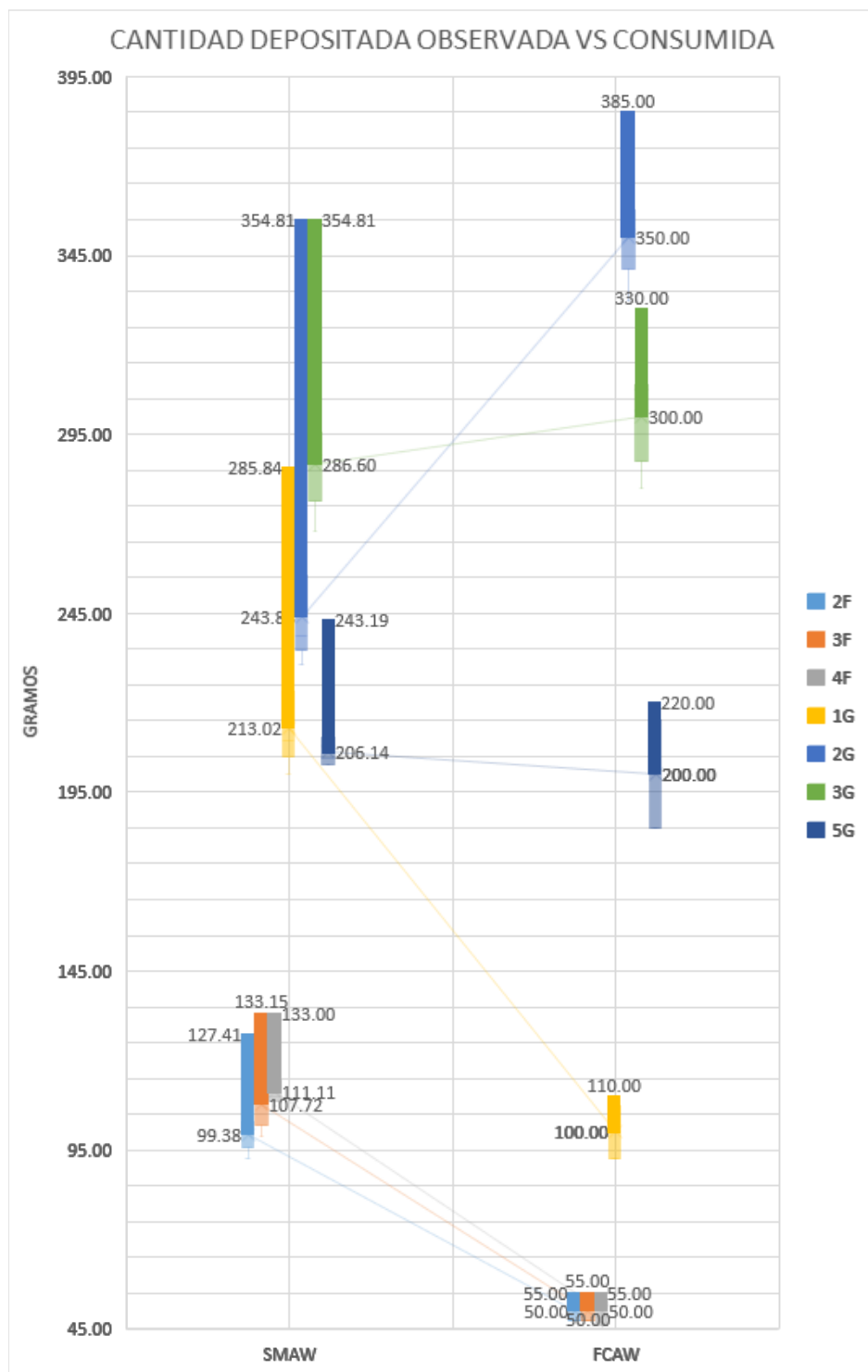


Figura 49: Diagrama de cajas de diferencias de cantidades consumidas y medias de cantidades depositadas observadas

Fuente: Consolidado de Anexo 10: Cantidades depositadas observadas tras prueba piloto y Tabla 70; Tabla 71; Tabla 72; Tabla 73; Tabla 74; Tabla 75 y Tabla 76

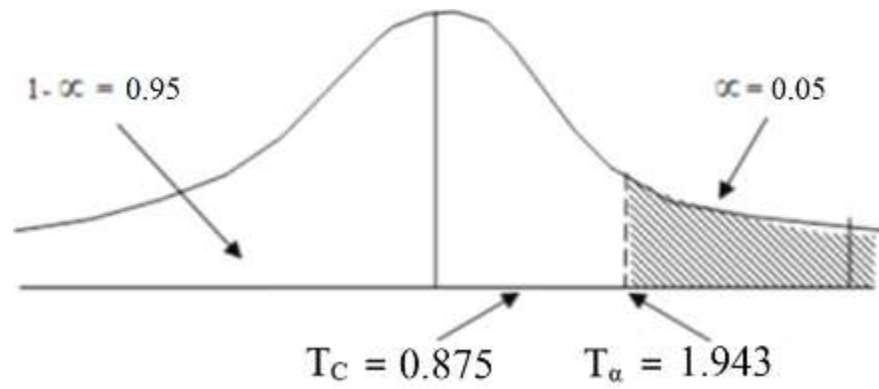


Figura 50: Zona de aceptación y rechazo de Anexo 30 con nivel de significancia 5%

Fuente: Región crítica de Anexo 30

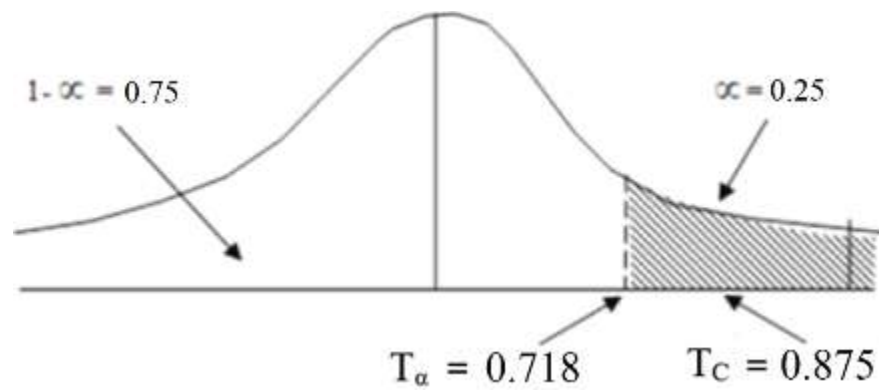


Figura 51: Zona de aceptación y rechazo de Anexo 30 con nivel de significancia 25%

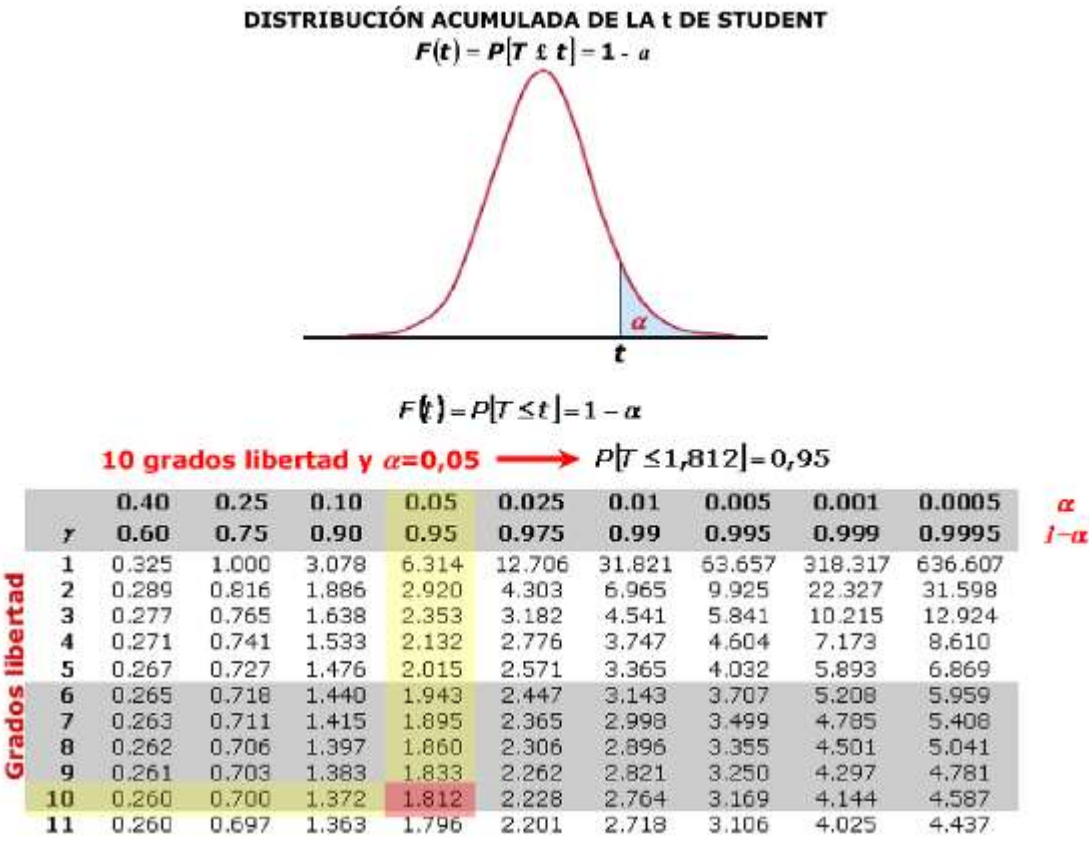
Fuente: Región crítica de Anexo 30

Anexo 32: Fórmulas para cálculo de indicadores de costos

ABREVIATURA	DESCRIPCION	UNIDAD	FÓRMULA
	Gas de protección		---
PG	Precio del gas	Sol/m3	---
CP	Caudal de protección	m3/hora	---
VS	Velocidad de soldeo	m/hora	$\frac{\text{Cantidad de metros}}{\text{Tiempo de arco}}$
CG	Costo de gas de protección	Sol/metro	$\frac{\text{Precio del gas} * \text{Caudal de gas}}{\text{Velocidad de Soldeo}}$
	Nombre comercial de electrodo	----	---
	Diámetro del electrodo	mm	---
MD	Metal depositado	kg/m	$\text{Área seccional} * \text{longitud} * \text{densidad de aporte}$
RD	Rendimiento de deposición	%	$\frac{\text{Metal depositado}}{\text{Metal consumido}}$

CA	Consumo de material de aportación	kg/m	$\frac{\text{Metal depositado}}{\text{Rendimiento de deposición}}$
PA	Precio de material de aporte	Sol/kg	---
MA	Costo de material de aportación	Sol/metro	$\frac{\text{Consumo de material de aportación}}{\text{Precio de material de aporte}}$
CC	Costo de accesorios consumibles	Sol/metro	$\text{Suma de costo de consumibles} * \text{cantidad de metros}$
CM	Costo de materiales	Sol/metro	$\text{Costo de material de aportación} + \text{costo de gas} + \text{costo de accesorios}$
CS	Costo de soldador	Sol/hora	---
VD	Velocidad de deposición	kg/hora	$\frac{\text{Material depositado}}{\text{Tiempo de arco}}$
FO	Factor de operación	%	$\frac{\text{Tiempo de arco}}{\text{Tiempo estándar}}$
MO	Costo de mano de obra	Sol/metro	$\frac{\text{Costo de soldador} * \text{Metal depositado}}{\text{Velocidad de deposición} * \text{Factor de operación}}$
	COSTO TOTAL	Sol/metro	$\text{Costo de mano de obra} + \text{Costo de Materiales}$

Anexo 33: Distribución acumulada de T de Student



g	0.40	0.25	0.10	0.05	0.025	0.01	0.005	0.001	0.0005	a $I-a$
	0.60	0.75	0.90	0.95	0.975	0.99	0.995	0.999	0.9995	
1	0.325	1.000	3.078	6.314	12.706	31.821	63.657	318.317	636.607	
2	0.289	0.816	1.886	2.920	4.303	6.965	9.925	22.327	31.598	
3	0.277	0.765	1.638	2.353	3.182	4.541	5.841	10.215	12.924	
4	0.271	0.741	1.533	2.132	2.776	3.747	4.604	7.173	8.610	
5	0.267	0.727	1.476	2.015	2.571	3.365	4.032	5.893	6.869	
6	0.265	0.718	1.440	1.943	2.447	3.143	3.707	5.208	5.959	
7	0.263	0.711	1.415	1.895	2.365	2.998	3.499	4.785	5.408	
8	0.262	0.706	1.397	1.860	2.306	2.896	3.355	4.501	5.041	
9	0.261	0.703	1.383	1.833	2.262	2.821	3.250	4.297	4.781	
10	0.260	0.700	1.372	1.812	2.228	2.764	3.169	4.144	4.587	
11	0.260	0.697	1.363	1.796	2.201	2.718	3.106	4.025	4.437	
12	0.259	0.695	1.356	1.782	2.179	2.681	3.055	3.930	4.318	
13	0.259	0.694	1.350	1.771	2.160	2.650	3.012	3.852	4.221	
14	0.258	0.692	1.345	1.761	2.145	2.624	2.977	3.787	4.140	
15	0.258	0.691	1.341	1.753	2.131	2.602	2.947	3.733	4.073	
16	0.258	0.690	1.337	1.746	2.120	2.583	2.921	3.686	4.015	
17	0.257	0.689	1.333	1.740	2.110	2.567	2.898	3.646	3.965	
18	0.257	0.688	1.330	1.734	2.101	2.552	2.878	3.611	3.922	
19	0.257	0.688	1.328	1.729	2.093	2.539	2.861	3.579	3.883	
20	0.257	0.687	1.325	1.725	2.086	2.528	2.845	3.552	3.850	
21	0.257	0.686	1.323	1.721	2.080	2.518	2.831	3.527	3.819	
22	0.256	0.686	1.321	1.717	2.074	2.508	2.819	3.505	3.792	
23	0.256	0.685	1.319	1.714	2.069	2.500	2.807	3.485	3.768	
24	0.256	0.685	1.318	1.711	2.064	2.492	2.797	3.467	3.745	
25	0.256	0.684	1.316	1.708	2.060	2.485	2.787	3.450	3.725	
26	0.256	0.684	1.315	1.706	2.056	2.479	2.779	3.435	3.707	
27	0.256	0.684	1.314	1.703	2.052	2.473	2.771	3.421	3.690	
28	0.256	0.683	1.313	1.701	2.048	2.467	2.763	3.408	3.674	
29	0.256	0.683	1.311	1.699	2.045	2.462	2.756	3.396	3.659	
30	0.256	0.683	1.310	1.697	2.042	2.457	2.750	3.385	3.646	
31	0.256	0.682	1.309	1.696	2.040	2.453	2.744	3.375	3.633	
32	0.255	0.682	1.309	1.694	2.037	2.449	2.738	3.365	3.622	
33	0.255	0.682	1.308	1.692	2.035	2.445	2.733	3.356	3.611	
34	0.255	0.682	1.307	1.691	2.032	2.441	2.728	3.348	3.601	
35	0.255	0.682	1.306	1.690	2.030	2.438	2.724	3.340	3.591	
36	0.255	0.681	1.306	1.688	2.028	2.028	2.719	3.333	3.582	
37	0.255	0.681	1.305	1.687	2.026	2.026	2.715	3.326	3.574	
38	0.255	0.681	1.304	1.686	2.024	2.024	2.712	3.319	3.566	
39	0.255	0.681	1.304	1.685	2.023	2.023	2.708	3.313	3.558	
40	0.255	0.681	1.303	1.684	2.021	2.021	2.704	3.307	3.551	
41	0.255	0.681	1.303	1.683	2.020	2.020	2.701	3.301	3.544	
42	0.255	0.680	1.302	1.682	2.018	2.018	2.698	3.296	3.538	
43	0.255	0.680	1.302	1.681	2.017	2.017	2.695	3.291	3.532	
44	0.255	0.680	1.301	1.680	2.015	2.015	2.692	3.286	3.526	
45	0.255	0.680	1.301	1.679	2.014	2.014	2.690	3.281	3.520	
46	0.255	0.680	1.300	1.679	2.013	2.013	2.687	3.277	3.515	
47	0.255	0.680	1.300	1.678	2.012	2.012	2.685	3.273	3.510	
48	0.255	0.680	1.299	1.677	2.011	2.011	2.682	3.269	3.505	
49	0.255	0.680	1.299	1.677	2.010	2.010	2.680	3.265	3.500	
50	0.255	0.679	1.299	1.676	2.009	2.009	2.678	3.261	3.496	

DISTRIBUCIÓN ACUMULADA DE LA t DE STUDENT (Continuación)

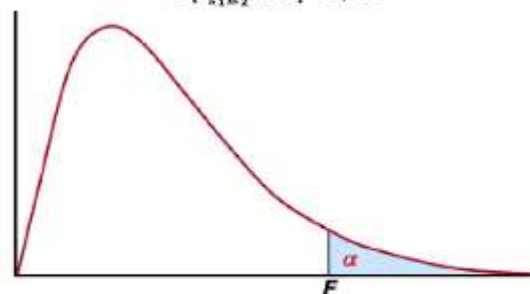
$$F(t) = P\{T \leq t\}$$

v	0.40	0.25	0.10	0.05	0.025	0.01	0.005	0.001	0.0005	a
v	0.60	0.75	0.90	0.95	0.975	0.99	0.995	0.999	0.9995	1-a
51	0.255	0.679	1.298	1.675	2.008	2.008	2.676	3.258	3.492	
52	0.255	0.679	1.298	1.675	2.007	2.007	2.674	3.255	3.488	
53	0.255	0.679	1.298	1.674	2.006	2.006	2.672	3.251	3.484	
54	0.255	0.679	1.297	1.674	2.005	2.005	2.670	3.248	3.480	
55	0.255	0.679	1.297	1.673	2.004	2.004	2.668	3.245	3.476	
56	0.255	0.679	1.297	1.673	2.003	2.003	2.667	3.242	3.473	
57	0.255	0.679	1.297	1.672	2.002	2.002	2.665	3.239	3.470	
58	0.255	0.679	1.296	1.672	2.002	2.002	2.663	3.237	3.466	
59	0.254	0.679	1.296	1.671	2.001	2.001	2.662	3.234	3.463	
60	0.254	0.679	1.296	1.671	2.000	2.000	2.660	3.232	3.460	
61	0.254	0.679	1.296	1.670	2.000	2.000	2.659	3.229	3.457	
62	0.254	0.678	1.295	1.670	1.999	1.999	2.658	3.227	3.455	
63	0.254	0.678	1.295	1.669	1.998	1.998	2.656	3.225	3.452	
64	0.254	0.678	1.295	1.669	1.998	1.998	2.655	3.223	3.449	
65	0.254	0.678	1.295	1.669	1.997	1.997	2.654	3.221	3.447	
66	0.254	0.678	1.295	1.668	1.997	2.384	2.652	3.218	3.444	
67	0.254	0.678	1.294	1.668	1.996	2.383	2.651	3.217	3.442	
68	0.254	0.678	1.294	1.668	1.995	2.382	2.650	3.215	3.440	
69	0.254	0.678	1.294	1.667	1.995	2.382	2.649	3.213	3.437	
70	0.254	0.678	1.294	1.667	1.994	2.381	2.648	3.211	3.435	
71	0.254	0.678	1.294	1.667	1.994	2.380	2.647	3.209	3.433	
72	0.254	0.678	1.293	1.666	1.993	2.379	2.646	3.207	3.431	
73	0.254	0.678	1.293	1.666	1.993	2.379	2.645	3.206	3.429	
74	0.254	0.678	1.293	1.666	1.993	2.378	2.644	3.204	3.427	
75	0.254	0.678	1.293	1.665	1.992	2.377	2.643	3.203	3.425	
76	0.254	0.678	1.293	1.665	1.992	2.376	2.642	3.201	3.423	
77	0.254	0.678	1.293	1.665	1.991	2.376	2.641	3.200	3.422	
78	0.254	0.678	1.292	1.665	1.991	2.375	2.640	3.198	3.420	
79	0.254	0.678	1.292	1.664	1.990	2.375	2.640	3.197	3.418	
80	0.254	0.678	1.292	1.664	1.990	2.374	2.639	3.195	3.416	
81	0.254	0.678	1.292	1.664	1.990	2.373	2.638	3.194	3.415	
82	0.254	0.677	1.292	1.664	1.989	2.373	2.637	3.193	3.413	
83	0.254	0.677	1.292	1.663	1.989	2.372	2.636	3.191	3.412	
84	0.254	0.677	1.292	1.663	1.989	2.372	2.636	3.190	3.410	
85	0.254	0.677	1.292	1.663	1.988	2.371	2.635	3.189	3.409	
86	0.254	0.677	1.291	1.663	1.988	2.371	2.634	3.188	3.407	
87	0.254	0.677	1.291	1.663	1.988	2.370	2.634	3.187	3.406	
88	0.254	0.677	1.291	1.662	1.987	2.369	2.633	3.186	3.405	
89	0.254	0.677	1.291	1.662	1.987	2.369	2.632	3.184	3.403	
90	0.254	0.677	1.291	1.662	1.987	2.369	2.632	3.183	3.402	
91	0.254	0.677	1.291	1.662	1.986	2.368	2.631	3.182	3.401	
92	0.254	0.677	1.291	1.662	1.986	2.368	2.630	3.181	3.400	
93	0.254	0.677	1.291	1.661	1.986	2.367	2.630	3.180	3.398	
94	0.254	0.677	1.291	1.661	1.986	2.367	2.629	3.179	3.397	
95	0.254	0.677	1.291	1.661	1.985	2.366	2.629	3.178	3.396	
96	0.254	0.677	1.290	1.661	1.985	2.366	2.628	3.177	3.395	
97	0.254	0.677	1.290	1.661	1.985	2.365	2.627	3.176	3.394	
98	0.254	0.677	1.290	1.661	1.984	2.365	2.627	3.176	3.393	
99	0.254	0.677	1.290	1.660	1.984	2.365	2.626	3.175	3.392	
100	0.254	0.677	1.290	1.660	1.984	2.364	2.626	3.174	3.391	
∞	0.253	0.674	1.282	1.645	1.960	2.326	2.576	3.090	3.291	

Anexo 34: Distribución acumulada de F de Fischer

DISTRIBUCIÓN ACUMULADA DE F DE FISCHER-SNEDECOR

$$P[F_{v_1, v_2} \leq F] = 0,95$$



$$P[F_{v_1, v_2} \leq F] = 1 - \alpha$$

10 y 12 grados libertad y $\alpha=0,05 \rightarrow P[F_{10,12} \leq 2,91] = 0,95$

Grados libertad 2

$v_1 \setminus v_2$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	12	15
1	161.4	199.5	215.7	224.6	230.2	234.0	236.8	238.9	240.5	241.9	243.9	245.9
2	18.51	19.00	19.16	19.25	19.30	19.33	19.35	19.37	19.38	19.40	19.41	19.43
3	10.13	9.55	9.28	9.12	9.01	8.94	8.89	8.85	8.81	8.79	8.74	8.70
4	7.71	6.94	6.59	6.39	6.26	6.16	6.09	6.04	6.00	5.96	5.91	5.86
5	6.61	5.79	5.41	5.19	5.05	4.95	4.88	4.82	4.77	4.74	4.68	4.62
6	5.99	5.14	4.76	4.53	4.39	4.28	4.21	4.15	4.10	4.06	4.00	3.94
7	5.59	4.74	4.35	4.12	3.97	3.87	3.79	3.73	3.68	3.64	3.57	3.51
8	5.32	4.46	4.07	3.84	3.69	3.58	3.50	3.44	3.39	3.35	3.28	3.22
9	5.12	4.26	3.86	3.63	3.48	3.37	3.29	3.23	3.18	3.14	3.07	3.01
10	4.96	4.10	3.71	3.48	3.33	3.22	3.14	3.07	3.02	2.98	2.91	2.85
11	4.84	3.98	3.59	3.36	3.20	3.09	3.01	2.95	2.90	2.85	2.79	2.72
12	4.75	3.89	3.49	3.26	3.11	3.00	2.91	2.85	2.80	2.75	2.69	2.62
13	4.67	3.81	3.41	3.18	3.03	2.92	2.83	2.77	2.71	2.67	2.60	2.53
14	4.60	3.74	3.34	3.11	2.96	2.85	2.76	2.70	2.65	2.60	2.53	2.46
15	4.54	3.68	3.29	3.06	2.90	2.79	2.71	2.64	2.59	2.54	2.48	2.40

$$P|F_{z_1, z_2} - F| = 0.95$$

$g_1 \backslash g_2$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	12	15	20	24	30	40	60	120	¥
1	161.4	199.5	215.7	224.6	230.2	234.0	236.8	238.9	240.5	241.9	243.9	245.9	248.0	249.1	250.1	251.1	252.2	253.3	254.3
2	18.51	19.00	19.16	19.25	19.30	19.33	19.35	19.37	19.38	19.40	19.41	19.43	19.45	19.45	19.46	19.47	19.48	19.49	19.50
3	10.13	9.55	9.28	9.12	9.01	8.94	8.89	8.85	8.81	8.79	8.74	8.70	8.66	8.64	8.62	8.59	8.57	8.55	8.53
4	7.71	6.94	6.59	6.39	6.26	6.16	6.09	6.04	6.00	5.96	5.91	5.86	5.80	5.77	5.75	5.72	5.69	5.66	5.63
5	6.61	5.79	5.41	5.19	5.05	4.95	4.88	4.82	4.77	4.74	4.68	4.62	4.56	4.53	4.50	4.46	4.43	4.40	4.36
6	5.99	5.14	4.76	4.53	4.39	4.28	4.21	4.15	4.10	4.06	4.00	3.94	3.87	3.84	3.81	3.77	3.74	3.70	3.67
7	5.59	4.74	4.35	4.12	3.97	3.87	3.79	3.73	3.68	3.64	3.57	3.51	3.44	3.41	3.38	3.34	3.30	3.27	3.23
8	5.32	4.46	4.07	3.84	3.69	3.58	3.50	3.44	3.39	3.35	3.28	3.22	3.15	3.12	3.08	3.04	3.01	2.97	2.93
9	5.12	4.26	3.86	3.63	3.48	3.37	3.29	3.23	3.18	3.14	3.07	3.01	2.94	2.90	2.86	2.83	2.79	2.75	2.71
10	4.96	4.10	3.71	3.48	3.33	3.22	3.14	3.07	3.02	2.98	2.91	2.85	2.77	2.74	2.70	2.66	2.62	2.58	2.54
11	4.84	3.98	3.59	3.36	3.20	3.09	3.01	2.95	2.90	2.85	2.79	2.72	2.65	2.61	2.57	2.53	2.49	2.45	2.40
12	4.75	3.89	3.49	3.26	3.11	3.00	2.91	2.85	2.80	2.75	2.69	2.62	2.54	2.51	2.47	2.43	2.38	2.34	2.30
13	4.67	3.81	3.41	3.18	3.03	2.92	2.83	2.77	2.71	2.67	2.60	2.53	2.46	2.42	2.38	2.34	2.30	2.25	2.21
14	4.60	3.74	3.34	3.11	2.96	2.85	2.76	2.70	2.65	2.60	2.53	2.46	2.39	2.35	2.31	2.27	2.22	2.18	2.13
15	4.54	3.68	3.29	3.06	2.90	2.79	2.71	2.64	2.59	2.54	2.48	2.40	2.33	2.29	2.25	2.20	2.16	2.11	2.07
16	4.49	3.63	3.24	3.01	2.85	2.74	2.66	2.59	2.54	2.49	2.42	2.35	2.28	2.24	2.19	2.15	2.11	2.06	2.01
17	4.45	3.59	3.20	2.96	2.81	2.70	2.61	2.55	2.49	2.45	2.38	2.31	2.23	2.19	2.15	2.10	2.06	2.01	1.96
18	4.41	3.55	3.16	2.93	2.77	2.66	2.58	2.51	2.46	2.41	2.34	2.27	2.19	2.15	2.11	2.06	2.02	1.97	1.92
19	4.38	3.52	3.13	2.90	2.74	2.63	2.54	2.48	2.42	2.38	2.31	2.23	2.16	2.11	2.07	2.03	1.98	1.93	1.88
20	4.35	3.49	3.10	2.87	2.71	2.60	2.51	2.45	2.39	2.35	2.28	2.20	2.12	2.08	2.04	1.99	1.95	1.90	1.84
21	4.32	3.47	3.07	2.84	2.68	2.57	2.49	2.42	2.37	2.32	2.25	2.18	2.10	2.05	2.01	1.96	1.92	1.87	1.81
22	4.30	3.44	3.05	2.82	2.66	2.55	2.46	2.40	2.34	2.30	2.23	2.15	2.07	2.03	1.98	1.94	1.89	1.84	1.78
23	4.28	3.42	3.03	2.80	2.64	2.53	2.44	2.37	2.32	2.27	2.20	2.13	2.05	2.01	1.96	1.91	1.86	1.81	1.76
24	4.26	3.40	3.01	2.78	2.62	2.51	2.42	2.36	2.30	2.25	2.18	2.11	2.03	1.98	1.94	1.89	1.84	1.79	1.73
25	4.24	3.39	2.99	2.76	2.60	2.49	2.40	2.34	2.28	2.24	2.16	2.09	2.01	1.96	1.92	1.87	1.82	1.77	1.71
26	4.23	3.37	2.98	2.74	2.59	2.47	2.39	2.32	2.27	2.22	2.15	2.07	1.99	1.95	1.90	1.85	1.80	1.75	1.69
27	4.21	3.35	2.96	2.73	2.57	2.46	2.37	2.31	2.25	2.20	2.13	2.06	1.97	1.93	1.88	1.84	1.79	1.73	1.67
28	4.20	3.34	2.95	2.71	2.56	2.45	2.36	2.29	2.24	2.19	2.12	2.04	1.96	1.91	1.87	1.82	1.77	1.71	1.65
29	4.18	3.33	2.93	2.70	2.55	2.43	2.35	2.28	2.22	2.18	2.10	2.03	1.94	1.90	1.85	1.81	1.75	1.70	1.64
30	4.17	3.32	2.92	2.69	2.53	2.42	2.33	2.27	2.21	2.16	2.09	2.01	1.93	1.89	1.84	1.79	1.74	1.68	1.62
40	4.08	3.23	2.84	2.61	2.45	2.34	2.25	2.18	2.12	2.08	2.00	1.92	1.84	1.79	1.74	1.69	1.64	1.58	1.51
60	4.00	3.15	2.76	2.53	2.37	2.25	2.17	2.10	2.04	1.99	1.92	1.84	1.75	1.70	1.65	1.59	1.53	1.47	1.39
120	3.92	3.07	2.68	2.45	2.29	2.17	2.09	2.02	1.96	1.91	1.82	1.75	1.66	1.61	1.55	1.50	1.43	1.35	1.25
¥	3.84	3.00	2.60	2.37	2.21	2.10	2.01	1.94	1.88	1.83	1.75	1.67	1.57	1.52	1.46	1.39	1.32	1.22	1.00